

AFONSO FIGUEIREDO FILHO

**ESTUDOS DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR O  
VOLUME POR UNIDADE DE ÁREA EM UMA FLORESTA  
TROPICAL ÚMIDA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial na obtenção de Título de "Mestre em Ciências — M.Sc.", no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1983



COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER

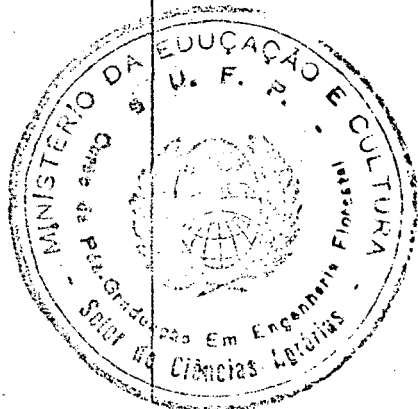
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato AFONSO FIGUEIREDO FILHO, sob o título "ESTUDOS DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR O VOLUME POR UNIDADE DE ÁREA EM UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 13 de janeiro de 1983.

Professor José de Arimatêa Silva, M.Sc.  
Primeiro Examinador

Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa, DR.  
Segundo Examinador

Professor Sebastião do Amaral Machado, DR.  
Presidente



À minha MÃE

e IRMÃS

À CLEUSA

e ALEXANDRE

À memória de meu PAI

DEDICO

## BIOGRAFIA

AFONSO FIGUEIREDO FILHO, filho de Afonso Vieira de Figueiredo e de Elza Gargantini Figueiredo, natural de São Caetano do Sul, Estado de São Paulo, onde nasceu em 21 de abril de 1951.

No Grupo Escolar Afonso Camargo no município de Loanda, Estado do Paraná, estudou o Curso Primário, concluindo-o em 1961. Em 1966, nesse mesmo município, concluiu o Curso Ginásial, estudando no Ginásio Estadual Guilherme de Almeida. Terminou sua formação secundária ainda em Loanda, em 1969 no Colégio Comercial Estadual de Loanda, onde frequentou o Curso Colegial.

Ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná em 1973, concluindo-o em 1976. Iniciou o Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal nessa mesma Universidade em 1978, completando os créditos no primeiro semestre de 1979.

Iniciou suas atividades profissionais em 1977 na Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF onde participou da execução de vários projetos, principalmente, na área de Inventário Florestal.

No período de 1978 a 1980 foi Professor Colaborador das disciplinas de Silvicultura II e Silvimetria I no Depar-

tamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná.

Em 1981 foi admitido como Professor Assistente do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná, função que ainda exerce atualmente na área de Dendrometria.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Sebastião do Amaral Machado pela orientação deste trabalho, incentivo e a dedicação que sempre o caracterizou. Companheiro e amigo de todas as horas.

À dedicação persistente do Professor Nelson Carlos Rosot, seja na programação e processamento dos dados ou nas sempre valiosas sugestões e acima de tudo, na amizade sincera e no prazer do convívio diário.

Ao Professor Joésio Deoclécio Pierin Siqueira pela confiança irrestrita sempre depositada e o apoio nos momentos difíceis no início das atividades profissionais do autor. O estímulo constante e a amizade sincera foram importantes para transpor mais esta etapa de vida.

Ao Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa pela compreensão, interesse e sugestões para o desenvolvimento do trabalho.

À Regina Maria Moreira, *in memoriam*, precocemente levada de nosso meio e ao Décio José de Figueiredo que através da luta diária permitiram convivência marcante.

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR pela oportunidade do aperfeiçoamento científico.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal por permitir a utilização dos dados.

Aos amigos e em especial àqueles que participam ou participaram do grupo ligado ao Inventário Florestal pela amizade e compreensão.

Aos Professores e Funcionários do Curso de Engenharia Florestal da UFPR pela confiança e por possibilitarem esta convivência deveras importantes.

## SUMÁRIO

	Lista de Figuras .....	xi
	Lista de Quadros .....	xx
1	INTRODUÇÃO .....	01
1.1	Objetivos .....	03
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	04
2.1	Volume por unidade de área .....	04
2.2	Variáveis independentes utilizadas para estimar volume por unidade de área .....	18
2.2.1	Área basal .....	19
2.2.2	Altura .....	22
2.3	Comparação de equações de regressão .....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3.1	Origem das Informações .....	26
3.2	Descrição geral da floresta .....	26
3.2.1	Localização geográfica .....	26
3.2.2	Clima .....	28
3.2.3	Geologia .....	28
3.2.4	Geomorfologia e relevo .....	29
3.2.5	Solos .....	30
3.2.6	Hidrologia .....	31



3.2.7	Vegetação .....	32
3.2.7.1	Floresta tropical densa .....	32
3.2.7.2	Floresta tropical aberta .....	32
3.2.7.3	Áreas de tensão ecológica .....	33
3.2.7.4	Áreas de formações pioneiras .....	33
3.3	Equipamentos e materiais utilizados na coleta dos dados .....	34
3.4	Metodologia aplicada no inventário florestal para a coleta de dados .....	34
3.4.1	Fotointerpretação florestal e mapeamento .....	34
3.4.2	Sistema de amostragem .....	36
3.4.3	Unidade amostral .....	36
3.4.4	Medições executadas nas subunidades .....	37
3.4.5	Estimativas dos volumes individuais .....	37
3.5	Metodologia aplicada nesta pesquisa .....	39
3.5.1	Organização dos dados .....	39
3.5.2	Número de amostras necessárias .....	40
3.5.3	Variáveis testadas .....	41
3.5.4	Modelos volumétricos testados .....	44
3.5.5	Correlação linear simples .....	45
3.5.6	Processo <i>Forward</i> .....	45
3.5.7	Critérios de seleção do melhor modelo .....	46
3.5.8	Discrepância logarítmica .....	49
3.5.9	Possibilidades de agrupamentos dos dados dos tipos florestais estudados .....	50

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	52
4.1	Unidades amostrais necessárias .....	52
4.2	Resultados para todas espécies, exceto as Palmeiras .....	53
4.2.1	Floresta de várzea .....	53
4.2.1.1	Correlação linear simples .....	53
4.2.1.2	Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados .....	54
4.2.1.3	Obtenção de modelos pelo processo <i>Forward</i> .....	58
4.2.2	Floresta de terra firme .....	62
4.2.2.1	Correlação linear simples .....	62
4.2.2.2	Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados .....	63
4.2.2.3	Obtenção de modelos pelo processo <i>Forward</i> .....	67
4.2.3	Agrupamento dos dados da Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	71
4.2.3.1	Modelos pré-selecionados na literatura .....	71
4.2.3.2	Modelos selecionados pelo processo <i>Forward</i> .....	77
4.3	Resultados para as espécies com importância econômica .....	83
4.3.1	Floresta de várzea .....	83
4.3.1.1	Correlação linear simples .....	83

4.3.1.2	Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados .....	84
4.3.1.3	Obtenção de modelos pelo processo <i>Forward</i> .....	88
4.3.2	Floresta de terra firme .....	91
4.3.2.1	Correlação linear simples .....	91
4.3.2.2	Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados .....	92
4.3.2.3	Obtenção de modelos pelo processo <i>Forward</i> .....	95
4.3.3	Agrupamento dos dados da Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	98
4.3.3.1	Modelos pré-selecionados na literatura .....	98
4.3.3.2	Modelos selecionados pelo processo <i>Forward</i> .....	106
4.4	Comparação dos resultados obtidos com outras pesquisas .....	111
5	CONCLUSÕES .....	113
6	RESUMO .....	115
	SUMMARY .....	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	119
	APÊNDICE .....	122

## LISTA DE FIGURAS

1	Localização da área estudada .....	27
2	Unidade amostral .....	38
3	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea .....	57
4	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea .....	57
5	Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) através da equação 16 - Floresta de Várzea .....	58
6	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 2a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea.	61
7	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 5a, obtido pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea.	62
8	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Terra Firme .....	66

9	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Terra Firme .....	66
10	Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) através da equação 16 - Floresta de Terra Firme .....	67
11	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 8a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Terra Firme .....	70
12	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 10a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Terra Firme .....	70
13	Ajustamento da equação 7 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com todas espécies, exceto as Palmeiras .....	75
14	Ajustamento da equação 16 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com todas espécies, exceto as Palmeiras .....	75
15	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	78

16	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	78
17	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 13a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	82
18	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	83
19	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea .....	87
20	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea .....	87
21	Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca em $m^3/ha$ , através da equação 16 - Floresta de Várzea .....	68
22	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 18a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea.	90
23	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 21a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea.	90

24	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Terra Firme .....	94
25	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Terra Firme .....	94
26	Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca em $m^3/ha$ , através da equação 16 - Floresta de Terra Firme .....	95
27	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 25a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Terra Firme .....	97
28	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 27a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Terra Firme .....	98
29	Ajustamento da equação 7 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com as espécies economicamente importantes .....	102
30	Ajustamento da equação 16 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com as espécies economicamente importantes .....	102

31	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	105
32	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	105
33	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 30a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	110
34	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 32a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	110
35	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea .....	123
36	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 10 - Floresta de Várzea .....	123
37	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea .....	124
38	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea .....	124



39	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea .....	125
40	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 3a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea. ....	125
41	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Terra Firme .....	126
42	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 10 - Floresta de Terra Firme .....	126
43	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Terra Firme .....	127
44	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Terra Firme .....	127
45	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Terra Firme .....	128
46	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Terra Firme .....	128

47	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	129
48	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 10 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	129
49	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	130
50	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	130
51	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	131
52	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 12a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	131
53	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 15a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	132
54	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea .....	132

55	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea .....	133
56	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea .....	133
57	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea .....	134
58	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Terra Firme .....	134
59	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Terra Firme .....	135
60	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Terra Firme .....	135
61	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Terra Firme .....	136
62	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 24a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Terra Firme .....	136

63	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	137
64	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	137
65	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	138
66	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	138
67	Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 29a, obtida pelo processo <i>Forward</i> - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	139

## LISTA DE QUADROS

1	Tipos florestais identificadas na área e suas participações em relação ao total .....	35
2	Grupos de espécies florestais economicamente importantes .....	42
3	Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples com a(s) variável(is) dependente (s), englobando todas as espécies - Floresta de Várzea.	53
4	Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea .....	56
5	Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo <i>Forward</i> para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea .....	60
6	Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples com a(s) variável(is) dependente (s), englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme .....	63

7	Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme .....	65
8	Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo <i>Forward</i> para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme .....	68
9	Análise de covariância para o teste de paralelismo da equação 7, ajustada para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras .....	73
10	Análise de covariância para o teste de paralelismo da equação 16, ajustada para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras .....	73
11	Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	74
12	Análise de variância para o teste de paralelismo das equações 2a e 7a, ajustadas para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras - processo <i>Forward</i> .	80

13	Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo <i>Forward</i> para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	81
14	Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples com a(s) variável(is) dependente (s), englobando as espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea .....	84
15	Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea .....	85
16	Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo <i>Forward</i> para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea.	89
17	Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples com a(s) variável(is) dependente(s), englobando as espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme .....	91
18	Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ das espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme .....	93

19	Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo <i>Forward</i> para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme .....	96
20	Análise de covariância para os testes de paralelismo e de coincidência da equação 7, ajustada para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes.	100
21	Análise de covariância para os testes de paralelismo e de coincidência da equação 16, ajustada para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes.	101
22	Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea e de Terra Firme.	104
23	Análise de variância para o teste de paralelismo das equações 18a e 24a, ajustadas para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes - processo <i>Forward</i> .....	107
24	Análise de variância para o teste de coincidência das equações 18a e 24a, ajustadas para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes - processo <i>Forward</i> .....	107



25	Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo <i>Forward</i> para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha das espécies economicamente importantes. - Floresta de Várzea e de Terra Firme .....	109
26	Espécies florestais amostradas na área estudada .....	140
27	Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea .....	143
28	Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea .....	144
29	Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme .....	145
30	Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em m <sup>3</sup> /ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme .....	146
31	Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se as espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea .....	147

32	Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea .....	148
33	Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se as espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme .....	149
34	Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em $m^3/ha$ das espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme .....	150

## 1 INTRODUÇÃO

As informações utilizadas nesta pesquisa foram obtidas quando da realização do Inventário Florestal do Pólo Juruá-Solimões<sup>34</sup>, executado pelo Centro de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Paraná por solicitação do IBDF. A área em questão localiza-se nos municípios de Tefé e Juruá, Estado do Amazonas e compreende aproximadamente 1.000.000 de hectares.

Faz parte portanto, da Floresta Tropical Amazônica que apresenta como característica principal, a abundância de espécies florestais com as mais variadas dimensões, seja devido às suas distribuições diamétricas, às suas alturas variadas ou também pela sua grande heterogeneidade em termos de idades.

Estes fatores afetam sobremaneira, a forma das árvores, dando-lhes as mais diversas peculiaridades, dificultando em consequência, o emprego de Fatores de Forma ou o uso de Equações de Volume, que são as técnicas de usos mais correntes, adotadas para as estimativas dos volumes individuais.

Em decorrência, esta pesquisa propõe uma outra alternativa que permita estimar o volume por unidade de área diretamente, ou seja, sem a necessidade de avaliação do volume de cada árvore, partindo-se de medições e ou estimativas

de variáveis, preferencialmente, fáceis de serem obtidas no campo.

Estas estimativas por unidade de área podem ser feitas por regressão, ajustando-se modelos usados tradicionalmente para avaliações de árvores individuais. Estes modelos ajustados são denominados de equações de volume do povoamento e são bastante difundidos em outros países como a Alemanha e os Estados Unidos e ainda pouco conhecidas no Brasil.

O emprego desta metodologia poderá reduzir consideravelmente o tempo dispendido para as medições de campo, principalmente no que se refere à cubagem de árvores. Também serão simplificados os trabalhos relativos ao processamento dos dados e conseqüentemente, os custos tornar-se-ão mais acessíveis, a níveis de precisão aceitáveis.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos propostos nesta pesquisa foram:

- 1.1.1 Realizar testes de Correlação Linear Simples das variáveis independentes obtidas da floresta, diretamente ou transformadas, com a variável dependente (volume por ha).
- 1.1.2 Testar vários modelos de regressão pré-selecionados na literatura e elaborar um modelo pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em  $m^3/ha$  de todas as espécies amostradas, exceto as Palmeiras, tanto para Floresta de Várzea, como de Terra Firme. Aplicar estes mesmos testes ao grupo de espécies economicamente importantes.
- 1.1.3 Proceder os testes de paralelismo e coincidência aos modelos selecionados no item anterior, a fim de verificar a possibilidade de agrupar-se os dados das duas tipologias florestais estudadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 VOLUME POR UNIDADE DE ÁREA

As estimativas volumétricas de uma floresta são obtidas através de inventários florestais onde, utilizando-se recursos estatísticos, mede-se pequenas amostras representativas da área em avaliação. As árvores que compõem estas amostras, têm seus diâmetros e alturas medidos e seus volumes são estimados por um fator de forma médio da população ou como é mais usual, empregando-se equações de volume locais ou regionais, ou ainda, por meios mais sofisticados e complexos que já desenvolvem-se atualmente. Tendo-se as estimativas individuais dessas árvores, pode-se ter o volume total amostrado que é então extrapolado para a área inventariada.

Já no caso de tabelas de volume do povoamento, os volumes são estimados diretamente por unidade de área, com o uso de variáveis obtidas por amostragem, eliminando-se portanto, a necessidade de estimar os volumes individuais.

Estes tipos de tabelas são semelhantes às tabelas de produção, diferenciando-se porque estas utilizam-se também da idade e qualidade de sítio como variáveis independentes e, segundo SPURR<sup>33</sup>, destinam-se mais especificamente, para estimativas da produção futura e incrementos e são pouco

precisas para estimar volumes médios em florestas com densidades populacionais inferiores à média.

Em povoamentos florestais naturais, as variáveis idade e qualidade de sítio são de difíceis obtenção, tornando-se inviável o emprego de tabelas de produção neste tipo de floresta, justificando-se ainda mais a aplicação de tabelas de volume por unidade de área que se destinam, fundamentalmente, para estimativas do estoque atual e não do rendimento futuro.

Há mais de um século vem sendo desenvolvido modelos matemáticos para este fim e os pesquisadores que se preocuparam com o assunto, procuraram principalmente, adaptar os modelos de equações, já amplamente empregados nas estimativas de volumes individuais, para avaliar o volume por unidade de área.

Assim é que KONIG\* citado por SPURR<sup>33</sup> afirma que a fórmula alemã para estimar o volume individual através da área transversal, altura e forma foi utilizada em meados do século XIX para avaliar volumes por unidade de área, sendo a mesma expressa da seguinte maneira:

$$V = G \cdot \bar{h} \cdot \bar{f} \quad (1)$$

onde:

V = volume por unidade de área

G = área basal por unidade de área

h = altura média aritmética

f = fator de forma médio do povoamento.

\* KONIG, G. Gotha. Forst-Mathematik, 1846. 748 p.

Ainda segundo SPURR<sup>33</sup>, outros pesquisadores procuraram utilizar essa fórmula para avaliar diretamente o volume do povoamento como WEISE (1881), FLURY (1897) e SCHIFFEL (1898).

No início deste século foram desenvolvidas várias pesquisas na Alemanha com a finalidade de estimar o volume de povoamentos florestais através de fotografias aéreas. Em tais práticas procedia-se, principalmente, medições de alturas das árvores e densidades de copas que se constituíam nas variáveis independentes, geralmente testadas contra o volume, apresentando resultados bastante satisfatórios.

Este método também tem sido empregado com sucesso nos Estados Unidos desde 1940. Obviamente, quanto maior a escala das fotografias maior será a precisão obtida nas medidas das variáveis independentes o que proporciona melhores ajustes nas equações.

MOESSNER<sup>26</sup> procedeu estudos para estimar volumes em povoamentos mistos trabalhando com 460 amostras de campo e fotografias aéreas pancromáticas nas escalas de 1:15000 e 1:20000. Aplicou o sistema de regressão *Stepwise* e empregou como variáveis independentes aquelas comumente possíveis de serem medidas por fotografias aéreas como: altura total média ( $\bar{h}$ ), diâmetro médio de copa ( $\bar{d}$ ) e cobertura de copa em percentual (C). O diâmetro médio de copa não apresentou contribuição significativa e o modelo selecionado foi:

$$V = b_0 + b_1\bar{h} + b_2\bar{h}^2 + b_3C + b_4C^2 + b_5\bar{h}C + b_6\bar{h}^2C + b_7\bar{h}C^2 \quad (2)$$

Este modelo resultou um coeficiente de correlação de 0,86 e um Erro Padrão de Estimativa de  $\pm 95,863 \text{ m}^3$  por ha.



Apesar do amplo uso desse método na Alemanha, Estados Unidos e Canadá, melhores resultados foram conseguidos, substituindo-se a densidade de copa pela área basal do povoamento (SPURR<sup>33</sup>).

Com dados de 180 unidades amostrais de um povoamento de *Pseudotsuga meziensis* Franco, com idades variando de 25 a 175 anos, localizado a oeste das montanhas "Cascade", nos Estados de Oregon e Washington, nos Estados Unidos, SPURR<sup>33</sup> testou vários modelos de equações relacionando o volume com a área basal ( $G$ ), altura média das dominantes e codominantes ( $h_{dom}$ ), idade, índice de sítio e o produto de  $G$  e  $h_{dom}$ .

Esse autor (SPURR<sup>33</sup>), procedeu a análise de regressão do volume com cada uma das 5 variáveis independentes referidas, bem como, combinações de uma, duas, três e quatro dessas variáveis. A variável independente mais fortemente relacionada com o volume foi a área basal ( $G$ ). A melhor combinação entre duas variáveis deu-se com a área basal e a altura dominante média ( $h_{dom}$ ). Testando-se combinações com 3 variáveis o melhor resultado foi obtido com a área basal,  $h_{dom}$  e a idade, sendo que a adição dessa terceira variável trouxe apenas uma pequena contribuição para a melhoria da estimativa do volume por unidade de área.

Assim também ocorreu, combinando-se 4 variáveis independentes que apresentou uma pequena melhora em relação à situação anterior.

Essas análises levaram SPURR<sup>33</sup> a concluir que a melhor relação entre o volume do povoamento parecia ser com base somente na área basal ( $G$ ) e  $h_{dom}$  em razão da insignificante contribuição que o acréscimo de uma ou duas variáveis

apresentaram, obtendo-se então como melhor modelo:

$$V = b_0 + b_1G + b_2h_{dom} + b_3G \cdot h_{dom} \quad (3)$$

Esta equação, denominada de "Fórmula Australiana", apresentou um erro de 5% do volume médio do povoamento e um coeficiente de correlação de 0,994.

A denominação de "Fórmula Australiana" deveu-se ao grande uso da mesma por STOATE (1945), na Austrália para estimar o volume de árvores individuais. Em razão da alta correlação existente entre o produto da área basal e da altura com o volume por unidade de área fez com que SPURR<sup>33</sup> a simplificasse para:

$$V = b_0 + b_1G \cdot h_{dom} \quad (4)$$

que logo foi identificada como a equação da variável combinada de uso tradicional para volumes individuais. Os dados das 180 unidades amostrais ajustados para esse modelo simplificado apresentou um coeficiente de correlação de 0,99 e 6% de erro no volume médio estimado.

SPURR<sup>33</sup>, aplicou também os modelos (3) e (4) em dados de 67 e 249 parcelas de povoamentos localizados no Sul dos Estados Unidos, respectivamente de *Pinus palustris* Mill e *Pinus taeda* L., porém utilizou a altura média aritmética de todas as árvores ( $\bar{h}$ ) e não a altura média das dominantes e codominantes como é comum nestes casos. Para a "Fórmula Australiana" obteve um erro de 6,8% para ambas as espécies e quando ajustou a equação (4) obteve 7,0% e 6,9% de erro sobre a média, respectivamente para *Pinus palustris* Mill e *Pinus taeda* L. Em outra etapa, esse autor testou as mesmas

equações em 72 amostras de *Pinus strobus* L., oriundas de florestas próximas a Harvard, Estados Unidos, com várias densidades e as mesmas variáveis, resultando um erro de 4,3% para a equação (3) e 5,7% para a (4).

Com algumas modificações, a fórmula (1) foi utilizada por ANUCHIN<sup>1</sup> que tendo observado que o produto  $G \cdot f$  assume valores de pouca variação em povoamentos de estoques normais, considerou então este produto uma constante, denominada de "O" e acrescentou no segundo termo da equação, uma outra variável (P) capaz de expressar o grau de estoque para aqueles povoamentos com maior variação na densidade, obtendo a seguinte fórmula:

$$V = O \cdot h \cdot P \quad (5)$$

Após testes experimentais, este autor verificou que em povoamentos de diferentes classes de sítios, a constante "O" apresenta diferenças significativas na quantidade estimada, produzindo maiores resultados nas florestas de melhor qualidade de sítio e menores resultados àquelas de classe de sítio inferior. A melhor precisão para esta fórmula foi obtida para os povoamentos de qualidade de sítio médio.

Em estudo mais aprofundados sobre este assunto, TRET'YAKOV\* citado por ANUCHIN<sup>1</sup> eliminou as deficiências apresentadas pela fórmula (5) ao introduzir um fator de correção (a) na altura (h), obtendo por conseguinte a fórmula:

$$V = O (h - a) P \quad (6)$$

\*TRET'YAKOV, N.V. *Zakon edinstva v stroenii nasazhdenii* (the Law of Unity in the Structure of Forest Stands). Moskva-Leningrad, Izd. "Novaya derevnya", 1927.

CROMER & BOWLING<sup>9</sup> desenvolveram equações para estimar volume por unidade de área em povoamentos de *Eucalyptus obliqua* L' Herit, com dados de 114 unidades de amostras e ajustaram inicialmente o seguinte modelo:

$$V = b_0 + b_1I + b_2h_{dom} + b_3N + b_4G \quad (7)$$

onde:

I = idade em anos

N = número de árvores por unidade de área.

Este modelo resultou um erro padrão de estimativa de 5,3% em torno da média, considerado satisfatório pelos autores, contudo, em razão das muitas variáveis envolvidas e devido às dificuldades de obtenção de algumas delas, resolveram investigar outras equações, com variáveis mais acessíveis e em menor número. Ajustaram aos dados os modelos (3) e (4) já citados anteriormente, que apresentaram, respectivamente, 6,0% e 6,1% do erro padrão de estimativa da média e 0,98 e 0,977 de coeficiente de correlação.

CROMER & BOWLING<sup>9</sup>, em estudos anteriores, obtiveram bons resultados em povoamentos de *Pinus radiata* D. Don. com o modelo:

$$\frac{V}{G} = b_0 + b_1h_{dom} \quad (8)$$

e resolveram portanto, aplicar também esses dados a esta equação que apresentou um erro padrão de estimativa de 6,0% e 0,94 de coeficiente de correlação. Esta equação, apresentou resultados considerados satisfatórios por estes pesquisadores, que no entanto, notaram uma certa tendência curvilínea, ao analisarem graficamente, a distribuição dos pontos

e portanto, ajustaram a forma quadrática:

$$\frac{V}{G} = b_0 + b_1 h^2_{dom} \quad (9)$$

concluíram que houve, em consequência, uma redução no erro padrão de estimativa (5,5%) e uma melhora no coeficiente de correlação (0,95).

Após análises desses 5 modelos estudados, CROMER & BOWLING<sup>9</sup>, concluíram que a equação múltipla (7) foi a mais precisa; contudo, em decorrência da aplicação prática, a equação selecionada para aplicar em tabelas de produção foi a (9), que depende apenas de duas variáveis acessíveis, e o erro apresentado em suas estimativas, é bastante próximo da-quele produzido pela equação múltipla (7).

HUSCH<sup>20</sup>, também afirma que o volume por unidade de área pode ser estimado pela fórmula (1), considerando-se que este volume é um valor próximo a um cilindro obtido pelo produto da área basal (G) com a respectiva altura média do povoamento ( $\bar{h}$ ) e corrigida por um fator (f) que represente a forma média das árvores que constituem essa floresta e que, a precisão de tal método, dependerá da representatividade destes termos.

Esse autor, afirma ainda, que o volume por unidade de área pode ser descrito por análise de regressão em forma análoga à considerada para as estimativas de árvores individuais e que TAKATA (1959) testou várias equações deste tipo, para obter tais estimativas, tendo selecionado como a mais precisa:

$$V = G \cdot \bar{h} / (b_0 + b_1 dg) \quad (10)$$

onde:

dg = diâmetro médio correspondente à área transversal média.

HIRATA (1959), também citado por HUSCH<sup>20</sup> propôs o uso de equações de volumes individuais para expressar o volume do povoamento, utilizando-se de estimativas obtidas pelo método de amostragem por pontos, recomendando a seguinte expressão:

$$V = N \cdot f(\bar{d}, \bar{h}) R \quad (11)$$

onde:

$f(\bar{d}, \bar{h})$  = expressão geral para a função do  $\bar{d}$  e da  $\bar{h}$

$\bar{d}$  = diâmetro médio aritmético

$R$  = aproximadamente  $\{1 + (5 C_{d2}/3)\}$

$C_{d2}$  = coeficiente de variação dos diâmetros.

Demonstrando que o  $R$  pode ser expresso pela referida função, esse autor utilizou esta aproximação no desenvolvimento das seguintes equações em que os coeficientes  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  podem ser estimados pelo processo dos mínimos quadrados:

$$V = N (b_0 + b_1 \bar{d}^2 \bar{h}) R \quad (12)$$

$$V = N \{ \bar{d}^2 \bar{h} / (b_0 + b_1 \bar{d}) \} R \quad (13)$$

$$V = N (b_0 \bar{d}^{(3-b_1)} \bar{h}^{b_2}) R \quad (14)$$

$$V = N (b_0 \bar{d}^{b_1} \bar{h}^{b_2}) R \quad (15)$$

O volume em pé de um povoamento florestal pode ser facilmente estimado pela fórmula (1) é o que afirma também ZAICHENKO<sup>35</sup>, que estudou o comportamento da altura-formal média em relação à altura média e concluiu que o produto  $\bar{h} \cdot f$

da citada fórmula pode ser substituída pela altura - formal média para estimar volumes por unidades de área em florestas puras e que este modelo resulta em estimativas com erros amostrais de + 4% até - 6,0% e elimina erros sistemáticos.

FAROUT\* citado por SILVA<sup>30</sup> também utilizou a equação (1) recomendada por outros pesquisadores na construção de tabelas de volumes por unidade de área no Estado de Montana, Estados Unidos em florestas puras de *Pinus ponderosa* Laues, *Larix occidentalis* Nutt., *Pseudotsuga menziesii* e *Pinus contorta* Dougl., aplicando fatores de forma médios de 0,36; 0,36; 0,40 e 0,46, respectivamente para cada uma das espécies citadas, sendo a altura, a média de todas as árvores amostradas.

MACHADO<sup>22</sup> utilizando dados de 123 amostras fixas e 123 por pontos de Bitterlich, de uma floresta tropical secundária, localizada em Turrialba, Costa Rica, empregou a fórmula (1) para estimar o volume por unidade de área, comparando-a com os modelos linear e quadrático citados a seguir, em função somente da área basal (G).

$$V = b_0 + b_1G \quad (16)$$

$$V = b_0 + b_1G + b_2G^2 \quad (17)$$

Além desta comparação, o autor objetivava ainda, observar o comportamento das relações área basal (G) com o volume comercial e com o total e também verificar a influência

\* FAROUT, J.L. Estimating merchantable volume and stem residue in four timber species. U.S. For. Serv. Res. Paper - INT - 196, 1977. 55 p.

das estimativas oriundas das parcelas fixas e das por ponto de Bitterlich.

LOJAN\* citado por MACHADO<sup>22</sup> e FREESE<sup>15</sup>, após testar os modelos (16) e (17) concluíram que na maioria dos bosques o modelo (16) é o que melhor ajusta a relação área basal (G) e volume por unidade de área, no entanto, em alguns casos, o modelo quadrático pode representar melhor essa relação. Essa conclusão foi confirmada nos estudos de MACHADO<sup>22</sup> que obteve para todas as suas comparações melhores resultados com o modelo linear (16).

MACHADO<sup>22</sup> concluiu ainda que:

- a) existe uma correlação maior da área basal (G) com o volume total do que com o volume aproveitável;
- b) melhores resultados nestes ajustamentos sempre foram relativos aos dados obtidos através das amostras fixas;
- c) os volumes estimados pelo método de regressão apresentam uma diferença mínima (menor que 2%) em relação aos métodos de uso tradicionais;
- d) o emprego da regressão pode ser aplicado com sucesso em povoamentos homogêneos ou puros quando se deseja conhecer o estoque total da floresta ou de somente algumas espécies.

BRINKMAN<sup>5</sup>, trabalhando com dados de 57 unidades amostrais permanentes, de *Pinus echinata* Mill., cujas idades va-

\*LOJAN, L. Curso de Dasometria, II Parte. Turrialba, Costa Rica - IICA, 1967. 83 p.



riavam de 19 a 85 anos, localizadas em Missouri, Estados Unidos, testou as variáveis  $G$ ,  $h_{dom}$ ;  $dg$ ,  $Gh_{dom}$  e  $Gh_{dom}^2$  contra o volume por unidade de área. Observou então que o ajuste apresentado por estas 5 variáveis ( $R^2 = 0,97$ ) foi aproximadamente igual ao que resultou o modelo (4) que reúne apenas as variáveis  $G$  e  $h_{dom}$ , selecionada pelo autor em razão das facilidades em sua aplicabilidade.

Utilizando-se de 125 unidades de amostras permanentes medidas em povoamentos de *Pinus contorta* Dougl., instaladas nos Estados de Montana e Idaho, Estados Unidos, com idades variando de 22 a 125 anos e após constatar, estatisticamente, através da análise de covariância a inexistência de diferenças entre os dados originários de áreas geográficas diferentes, COLE<sup>7</sup> ajustou uma única equação para estimar o volume total por unidade de área, em função apenas de  $G$  e de  $h_{dom}$  e empregou também, o modelo (4), ponderando-o com o peso  $1/(G h_{dom})^2$ , visando com isto, compensar a heterogeneidade da variância sobre a regressão.

Este modelo apresentou um coeficiente de correlação de 0,995 e 2,4% de erro, em torno da média e com base na razão volume comercial / volume total, COLE<sup>7</sup> obteve fatores de conversão variáveis com o  $dg$ , que possibilitam estimar o volume comercial até os diâmetros sem casca no topo de 7,6 cm e 10,2 cm.

Posteriormente, COLE<sup>8</sup>, empregando a mesma equação ajustada anteriormente, procedeu estudos idênticos para obtenção de outros fatores de conversão, relacionados a vários diâmetros sem casca do topo, em razão da crescente necessidade de se ter estimativas do volume aproveitável de acordo

com as várias formas de utilização ou emprego.

MYERS\* citado por SILVA<sup>30</sup>, trabalhou com povoamentos da mesma espécie nos Estados de Colorado e Wyoming, Estados Unidos e ajustou também o modelo (4) obtendo 0,998 de coeficiente de determinação e o erro de 2,3 % em torno da média.

FERREIRA<sup>13</sup>, utilizou o modelo da variável combinada (4) para estimar diretamente o volume cilíndrico de *Eucalyptus alba* Reinw. e *Eucalyptus saligna* Smith por unidade de área em função de diferentes médias de alturas em combinação sempre com a área basal (G).

Para tanto, FERREIRA<sup>13</sup> mediu amostras com 400 m<sup>2</sup> de área, sendo 48 delas em povoamentos sob regime de alto-fuste e 46 em regime de talhadia, com idades variando de 6 a 13 anos e 3 a 8 anos para os respectivos regimes. As médias de alturas utilizados foram:

- das 5 maiores árvores da parcela;
- das dominantes e codominantes;
- de todas as árvores da parcela;
- das dominantes.

A combinação área basal (G) e a altura média das 5 maiores árvores da parcela resultou em ambos os regimes, sempre a mais precisa, apresentando um erro padrão percentual de 4,7% e 4,8%, respectivamente para alto-fuste e talhadia.

\*MYERS, C.A. Yield tables for managed stands with special reference to Black Hills. U.S. For. Ser. Res. Paper RM - 21. 20 p.

Mais recentemente, SILVA<sup>30</sup> pesquisou também uma forma simplificada, que possibilitasse estimar diretamente o volume de povoamentos de *Eucalyptus* spp., plantados em regiões dos cerrados brasileiros, a partir de medições de 766 amostras com área fixa de 600 m<sup>2</sup>, em 3 regiões distintas. Procurou estimar o volume por ha em função de parâmetros representativos dos povoamentos como  $G$ ,  $h_{dom}$ ,  $\bar{h}$  e várias combinações destas variáveis, através do processo *Forward*.

No teste de correlação linear simples, verificou-se que a variável combinada  $G$  e  $\bar{h}$  foi a mais altamente correlacionada com o volume nas 3 regiões estudadas. Entretanto, a variável  $\bar{h}$ , segundo vários pesquisadores, é freqüentemente afetado por tratamentos aplicados à floresta e por isso, foi sumariamente eliminada dos testes subseqüentes.

A seguir, SILVA<sup>30</sup>, procedeu estudos, analisando as condicionantes de regressão, quando constatou heterogeneidade de variância em duas regiões e por conseguinte aplicou ponderações com vários pesos, que se mostraram, entretanto, ineficientes, não melhorando em nada, os dados originais. Recorreu então, à logaritmização dos dados e no teste de correlação linear simples, detectou que a variável mais fortemente ligada ao  $\log V$  foi a combinação  $\log G^2 \cdot h_{dom}$ , nas 3 regiões.

Finalmente, aplicando o processo *Forward*, SILVA<sup>30</sup> chegou ao melhor modelo, citado a seguir, que apresentou erros de estimativas inferiores a 2,45 %, nas 3 regiões pesquisadas.

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log (G^2 \cdot h_{dom}) \quad (18)$$

## 2.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES UTILIZADAS PARA ESTIMAR VOLUME POR UNIDADE DE ÁREA

Vários pesquisadores têm estudado as variáveis mais estreitamente ligadas ao volume individual para relacioná-las com estimativas volumétricas de um povoamento florestal ou por unidade de área.

Assim é que as variáveis que caracterizam um povoamento como a área basal ( $G$ ), altura média aritmética ( $\bar{h}$ ), altura dominante ( $h_{dom}$ ), forma, idade, sítio, densidade de copas e número de árvores têm sido testadas na Europa a mais de um século para quantificar a produção volumétrica por unidade de área.

Por outro lado, a aplicação de modelos matemáticos para estas estimativas somente justificam-se quando as variáveis independentes do modelo, sejam fáceis de serem medidas no campo, reduzindo sobremaneira o tempo de trabalho e em consequência o custo, logicamente, sem trazer prejuízos significativos na precisão.

Nos estudos realizados para estimar volumes por unidade de área, quase sempre tem sido utilizadas as variáveis mencionadas sendo algumas delas, de difícil obtenção. Em se tratando de florestas naturais, este problema apresenta-se ainda mais complexo pois, restringe-se ainda mais o número de variáveis dependentes que ficam limitadas ao diâmetro médio ( $\bar{d}$ ), área basal ( $G$ ), altura comercial média ( $\bar{h}$ ) e o número de árvores. Estas foram, portanto, as variáveis testadas contra o volume por unidade de área, nesta pesquisa.

### 2.2.1 ÁREA BASAL

No I Encontro Nacional de Pesquisadores para Padronização da Terminologia Florestal<sup>12</sup> realizado em 1976, definiu-se a área basal (G) como sendo a soma das áreas transversais (g) de todas as árvores de uma amostra ou de um talhão. Sem especificação, subentende-se que G foi calculado através dos diâmetros medidos à altura do peito (1,30 m).

Por sua vez, a área transversal (g) foi definida como a área seccional de uma árvore e pode ser obtida pela fórmula  $g = \pi d^2/4$ . Não estando especificado, entende-se que foi calculada a partir da medição do diâmetro (d) a 1,30 m.

Foi definida ainda, que área transversal e área basal individual são sinônimos em razão do largo uso destes termos em outras literaturas e também na literatura brasileira, em certas regiões como, por exemplo, no Estado de São Paulo (BURGER<sup>6</sup>).

São várias as formas possíveis para chegar-se à área basal de uma determinada área. A mais correta, pela precisão que se obtém é a medição de todos os diâmetros, transformando-os em áreas transversais ( $g_i$ ) que somadas resultarão na área basal (G). Contudo este método somente é viável quando se tratar de áreas bastante pequenas (HAMILTON<sup>18</sup>). Em áreas maiores tal procedimento é impraticável em razão do tempo dispendido e conseqüentemente do aumento substancial do custo.

Portanto, a avaliação da área basal, segundo HAMILTON<sup>18</sup>, geralmente é feita mediante o estabelecimento de parcelas amostrais, onde procede-se a medição das circunferências ou diâmetros de todas as árvores, convertendo-os em áreas trans-

versais que somadas resultarão na área basal da parcela e multiplicadas por um fator obtido pela divisão do hectare pela área da amostra, redundará na área basal por hectare.

A suta e a fita diamétrica ou simplesmente a fita métrica comum são os instrumentos mais utilizados na obtenção dos diâmetros. Ultimamente, no Brasil, verifica-se uma tendência geral para o uso da fita métrica comum para este fim, conseqüência de seu baixo custo e de fácil disponibilidade no mercado.

Uma vantagem bastante convincente da fita em relação à suta está na facilidade de transporte. Quanto ao erro, ambos instrumentos tendem a superestimar a área transversal de árvores cujas seções não sejam círculos perfeitos (MACHADO<sup>23</sup>).

PRODAN<sup>28</sup> afirma que a área basal pode ser obtida pelo número de árvores, diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ ) e a variância diamétrica ( $s_d^2$ ) da seguinte maneira:

$$dg = \sqrt{\bar{d}^2 + s_d^2}$$

$$\bar{g} = \frac{\pi}{4} \cdot dg^2$$

$$G = N \cdot \bar{g} = N \cdot (\bar{d}^2 + s_d^2) \cdot \frac{\pi}{4}$$

onde:

$dg$  = diâmetro correspondente à árvore de área transversal média ( $\bar{g}$ )

$g$  = área transversal média

$N$  = número de árvores por ha

Segundo ASSMANN<sup>2</sup> a área basal do povoamento é a soma das áreas transversais individuais de todas as árvores e que também pode ser obtida pelo produto do número de árvores ( $N$ )

pela área transversal média.

Uma outra opção seria a utilização simples do diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ ) e o número de árvores (N) da área, contudo, este procedimento não é recomendado por GOMES<sup>17</sup> que pesquisando sobre o assunto, concluiu que o diâmetro médio aritmético não representa muito bem a árvore de volume médio do povoamento, conduzindo quase sempre a uma tendenciosidade proporcional à soma dos quadrados dos desvios dos diâmetros.

Uma outra alternativa bastante conveniente segundo HAMILTON<sup>16</sup> para estimar G quando o propósito final é o volume do povoamento é através de pontos de amostragem executados pelo princípio de Bitterlich.

Este método é bastante prático resultando estimativas precisas, principalmente, quando se trata de povoamentos plantados. MACHADO<sup>22</sup> trabalhou com um prisma cujo fator de área Basal (FAB) era igual a 3 e executou pontos de amostragem em uma floresta tropical secundária para estimar a área basal por ha e posteriormente relacioná-la, com o volume por ha. Tendo medido também parcelas amostrais de área fixa na mesma floresta, este autor concluiu que houve um melhor ajuste no relacionamento do volume com a área basal, quando esta foi estimada por resultados advindos das amostras fixas do que com aqueles do prisma de Bitterlich.

Como se pode observar, várias são as possibilidades de estimar a área basal por unidade de área. Esta variável torna-se importantíssima na avaliação do volume por unidade de área, devido às facilidades de sua medição e principalmente, pelo seu alto grau de correlação com o volume conforme menciona HUSCH<sup>20</sup>.

### 2.2.2 ALTURA

Nos trabalhos de inventários florestais a variável altura tem sido observada pelos técnicos florestais que operam neste ramo de atividades como um impecilho, ou mesmo uma restrição à rapidez nas medições de campo. Apesar das pesquisas realizadas que proporcionaram o aparecimento de instrumentos cada vez mais sofisticadas para a medição da altura, ela ainda hoje é problemática quando se trata de povoaamentos densos em que a visualização da copa e da base, a partir de uma certa distância, é muitas vezes inviável ou então demorada, onerando em muito os custos dos levantamentos dendrométricos.

Muitos instrumentos foram desenvolvidos visando melhor eficiência nas medições indiretas das alturas de árvores. Estes instrumentos são denominados de "hipsômetros" e baseiam-se fundamentalmente, em relações angulares de triângulos retângulos, podendo-se citar entre os mais conhecidos e utilizados os seguintes: Blume-Leiss, Haga, Weiss, Suunto, relascópio de espelho de Bitterlich e a prancheta dendrométrica.



### 2.3 COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES DE REGRESSÃO

Tratando-se de dados coletados para o ajuste de equações de regressão oriundos de regiões geográficas diferentes, ou como no caso presente em que se tem duas tipologias florestais distintas, Terra Firme e Várzea e objetivando, obter uma única equação que represente ambas as tipologias, ou seja, o agrupamento dos dados, torna-se necessário analisar a existência ou não de diferenças entre esses dados. A base teórica para detectar essa possibilidade é mencionada a seguir.

SIQUEIRA<sup>32</sup> aplicou variáveis "dummy" em dados de *Araucaria angustifolia* O. Ktze. de diversas florestas naturais, na região Sul do Brasil. Este estudo demonstrou que havia uma grande diferença na forma das árvores entre os vários povoamentos nativos dessa espécie, no Sul do Brasil.

HIGUCHI<sup>19</sup> também utilizou tal metodologia para mostrar que equivalentes resultados podem ser obtidos pelas estimativas de regressões individuais e de regressões agrupados. Este autor ajustou equações de regressão para *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub., *Cedrela fissilis* Vell., *Balfourodendron riedelianum* Engl. e *Canelas* spp. e quando todos os dados destas espécies foram agrupados não alterou a precisão uma vez que não foi constatado indistinção entre as citadas espécies, concluindo então, a existência de amplas possibilidades do uso de apenas uma equação para todas as espécies estudadas.

FREESE<sup>16</sup> afirma que a análise de covariância é um meio eficaz de verificar se equações de regressão para esti-

mativas separadas podem ser utilizadas para um grupo, para alguns grupos ou se toda a população poderia ser representada por uma única equação.

Este autor (FREESE<sup>16</sup>), comenta e descreve a forma de análise de covariância desenvolvido por SNEDECOR\*, afirmando que esta metodologia apresenta-se de forma bastante clara, sendo portanto, facilmente aplicável.

COLE<sup>7</sup> ao trabalhar com dados de *Pinus contorta* Dougl. obtidos de amostras medidas nos Estados de Montana e Idaho, Estados Unidos, aplicou a análise de covariância para verificar se os dados eram estatisticamente diferentes. Como esta análise resultou não significativa, ajustou somente uma equação para ambas as regiões geográficas.

As equações de regressão podem diferir entre si por apresentarem inclinações diferentes e portanto, não terem superfícies paralelas. Se forem paralelas podem ainda diferir em nível, ou seja, suas interseções podem ser diferentes. Estas afirmações foram feitas por KOZAK<sup>21</sup>, que conclui dizendo que estatisticamente, duas hipóteses devem ser testadas:

- a) se as equações são paralelas;
- b) se as equações têm interseções iguais.

Segundo ainda KOZAK<sup>21</sup> estes testes são amplamente conhecidos quando se trata de equações lineares simples e vários autores trataram do problema (SNEDECOR, 1956; FREESE,

\*SNEDECOR, G.W. Statistical methods. Ed.5. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1956. 534 p.

1966; BROWN, 1970; e GUJARATI, 1970), ressaltando-se que a teoria pode ser estendida para equações múltiplas, tendo sido desenvolvidos procedimentos e métodos para este fim (CUNIA, 1968 e EEKMAN, 1969) sem contudo, aclarar textualmente a solução do problema.

Em decorrência, KOZAK<sup>21</sup> desenvolveu um método de técnica simples, aplicável ao campo florestal que possibilita a comparação de regressões com mais de uma variável independente.

DECOURT<sup>10</sup> aplicou a metodologia desenvolvida por KOZAK<sup>21</sup> na cubagem de povoamentos de *Picea abies* (L.) Karst oriundos de 234 parcelas amostrais medidas em 5 regiões diferentes da França e após análises quanto ao paralelismo e a interseção, concluiu que uma única equação poderia representar todas as regiões.

SILVA & SCHNEIDER<sup>31</sup> empregaram o método proposto por KOZAK<sup>21</sup> em dados de *Acacia mearnsii* de Wild de 3 regiões diferentes no Estado do Rio Grande do Sul e concluíram, após testarem as duas hipóteses mencionadas, que uma única equação poderia representar todas as regiões estudadas.

SILVA<sup>30</sup> também utilizou tal procedimento estatístico e comparou equações de regressão de duas regiões geográficas e concluiu que ambas eram paralelas e de mesmos interceptos e, por conseguinte, poderiam ser reunidas em uma única equação. Os dados estudados eram de povoamentos de *Eucalyptus* spp.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ORIGEM DAS INFORMAÇÕES

Os dados utilizados nesta pesquisa são originários de uma floresta natural de aproximadamente 1.000.000 de hectares, inventariada em 1980, pelo Centro de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Paraná em convênio com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF e intitulado INVENTÁRIO FLORESTAL DA ÁREA 3 DO PÓLO JURUÁ-SOLIMÕES<sup>34</sup>.

#### 3.2 DESCRIÇÃO GERAL DA FLORESTA

##### 3.2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A floresta onde os dados foram coletados faz parte da Floresta Tropical Amazônica, localizando-se mais precisamente nos municípios de Tefé e Juruá, Estado do Amazonas, entre os paralelos 3°30' a 4°30' de latitude sul e os meridianos 65° a 66°20' de longitude oeste de Greenwich, limitada ao norte pelo rio Bauana, ao sul pelo rio Curimatã de Cima, a leste pelo rio Tefé e a oeste pelo rio Andirá, conforme melhor ilustra a Figura 1.

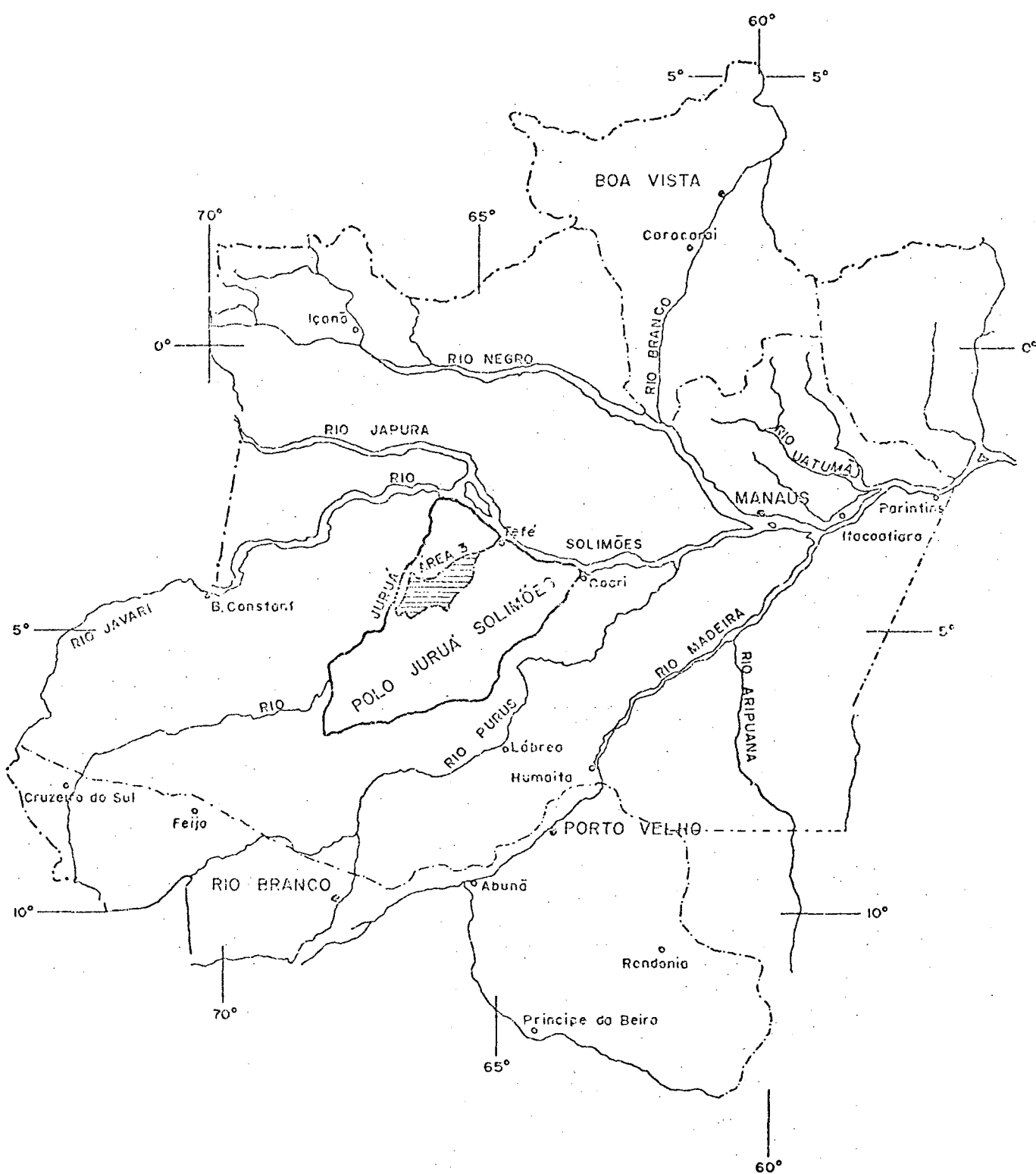


Figura 1 - Localização da área estudada.

### 3.2.2 CLIMA

Segundo a classificação de Köeppen o clima dominante na área pertence ao grupo A, ou seja, clima tropical chuvoso, caracterizando-se por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C enquanto que o tipo climático da região é o Af. Tanto a temperatura como as chuvas sofrem um mínimo de variação anual e mantêm-se em um nível bastante elevado.

A elevada pluviosidade é um dos fatores característicos da região que está limitada pelas isoietas de 2.500 mm e 2.750 mm. O período chuvoso geralmente inicia-se em outubro e atinge maiores índices nos meses de janeiro, fevereiro e março.

A distribuição da umidade relativa no decorrer do ano, acompanha aproximadamente o regime pluviométrico, atingindo valores de até 90% no período de janeiro a julho. Os valores médios anuais estão situados entre as isohigras de 85 a 90%.

### 3.2.3 GEOLOGIA

A região segundo SILVA et al<sup>\*</sup>, citados por BRASIL<sup>3</sup>, está inteiramente incluída nos domínios da província geológica Depósitos Cenozóicos, englobando os sedimentos plio -

<sup>\*</sup> SILVA, L.L. et al. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL, Folha SC. 19 Rio Branco, Rio de Janeiro, 1976. (Levantamento de Recursos Naturais, 12).

pleistocênicos da formação solimões e os depósitos aluvionários holocênicos, associados à rede de drenagem amazônica. Aluviões indiferenciados sobre terraços fluviais e aluviões das planícies de inundação.

#### 3.2.4 GEOMORFOLOGIA E RELEVO

Segundo NASCIMENTO & PRATES\* citados por BRASIL<sup>4</sup>, a floresta em questão, pertence ao Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental que se caracteriza pela predominância de interflúvios tabulares com intensidade de aprofundamento de drenagem muito fraca e índices de ordem de grandeza variáveis. Além desta forma de relevo, ocorrem superfícies pediplanadas e colinas.

A superfície pediplanada encontra-se distribuída, descontinuamente, entre os interflúvios tabulares e áreas de colinas, correspondendo às áreas conservadas pela erosão, localizadas geralmente, no topo dos divisores de água.

Em termos gerais, há dominância de um relevo plano e suave ondulado, variando de 50 a 100 m de altitude e média de 70 m. A classe plana é representada por áreas aplainadas, resultantes de acumulações dos rios, formando os terraços e planícies pluviais, estando estas últimas, periódica ou permanentemente alagadas.

\* NASCIMENTO, D.A. & PRATES, M. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL, Folha NA. 19 Pico da Neblina, Rio de Janeiro, 1976. (Levantamento de Recursos Naturais, 11).

### 3.2.5 SOLOS

Predominam na área solos Podzólicos Vermelho Amarelos e Laterita Hidromórfica em associações. Este solos são diferenciados por manchas contínuas e sinuosas onde os bordos dissecados dos interflúvios de relevo mais movimentado são ocupados por Podzólicos Vermelho Amarelos Álicos e as partes centrais e planas ocupadas pelas Lateritas Hidromórficas Álicas. Na área pode-se encontrar as seguintes classes de solos:

- Latossolo Amarelo Álico
- Podzólico Vermelho Amarelo Álico
- Laterita Hidromórfica Álica
- Solos Hidromórficos Gleyzados
- Hidromórfico Cinzento Álico.

Os principais tipos de solos em associações existentes na área são os seguintes:

a) Laterita Hidromórfica:

- Laterita Hidromórfica Álica
- Laterita Hidromórfica Álica de elevação

b) Podzólico Vermelho Amarelo Álico:

- Podzólico Vermelho Amarelo Álico Plíntico
- Podzólico Vermelho Amarelo Álico

c) Solos Hidromórficos Gleyzados:

- Gley pouco Húmico Álico.



### 3.2.6 HIDROLOGIA

A rede hidrográfica da área 3 do Pólo Juruá - Solimões constitui-se o único meio viário de acesso à região. O rio de maior importância para a região é o rio Tefé que apresenta o maior volume d'água, e tem uma extensão total de 990 km, dos quais 261, como limite leste da área em questão. É um dos afluentes da margem direita do rio Solimões e tangencia toda a extensão leste e parte do limite sul. Tem como afluentes em sua margem esquerda os rios Curimatã de Baixo e Curimatã de Cima.

O rio Curimatã de Baixo corta quase que totalmente o centro da área, longitudinalmente, no sentido oeste-leste, e é o meio de maior penetração na área. O rio Curimatã de Cima é o limite sul da citada área.

O rio Andirá, afluente da margem direita do rio Juruá é o limite oeste, enquanto que o lago Tefé limita a área a nordeste e ao norte é divisionada pelo rio Bauana.

De todos estes rios, apenas são navegáveis durante todo o ano, o Juruá, parte do rio Tefé e parte do Andirá, sendo os demais navegáveis em certas épocas do ano, variando-se de acordo com as chuvas. O período de navegabilidade geralmente estende-se de outubro até maio.

### 3.2.7 VEGETAÇÃO

O aspecto fisionômico da área apresenta predominância da Floresta Tropical Densa, que reveste as formas de relevos dos interflúvios tabulares, relevos dissecados e superfícies pediplanadas. Completam a fisionomia vegetal da área a Floresta Tropical Aberta, Áreas de Tensão Ecológica e ainda Formações Pioneiras. Estas tipologias são sintetizadas a seguir.

3.2.7.1 Floresta Tropical Densa — Caracteriza-se por apresentar um dossel fechado, compacto, com altura entre 25 e 35 m, sobressaindo-se árvores emergentes com até 40 m de altura, ocorrendo mais comumente as Sapotáceas, as Lauráceas, as Lecythidáceas, as Myristicaceas, além das Leguminosas e das Vochysiáceas.

O sub-bosque, geralmente limpo e sombrio, devido à pouca luminosidade, marca a ocorrência de espécies herbáceas das famílias Marantháceas, Musáceas e Zingibenáceas.

Esta floresta pode ser dividida de acordo com a topografia em: Floresta Tropical Densa Aluvial, Floresta Tropical Densa de Terras Baixas - Platôs e Floresta Tropical Densa de Terras Baixas - Relevo Dissecado.

3.2.7.2 Floresta Tropical Aberta — Fisionomicamente, esta formação é caracterizada pela presença de grandes árvores espaçadas que possibilitam a penetração de luz até os estratos inferiores, permitindo o surgimento de cipóal, cocal ou

bambuzal nesses espaços abertos. Ocorrem principalmente, nas planícies e terraços do rio Tefê.

Trata-se de uma formação arbórea com palmeiras ocupando os terraços e planícies periodicamente inundadas. São freqüentes nesta tipologia as espécies florestais de porte como a Ucuuba, o Anani, a Sumauma, entre outras.

3.2.7.3 Áreas de Tensão Ecológica — Ocupa as áreas dos terraços e planícies aluviais, periodicamente inundadas. Encontra-se praticamente em toda extensão da margem do rio Tefê e parte final das margens do rio Curimatã de Baixo.

Nesta formação ocorrem entre outras, espécies como : Açacu, Cedro, Pau-d'arco, Muiratinga, Itauba, Jacareüba e Piquiã.

3.2.7.4 Áreas das Formações Pioneiras — Trata-se de ambiente que envolve a vegetação em fase de sucessão. Na fase arbórea, ocorre um período de transição e caracteriza-se pela presença da Faveira-do-igapô, Muiratinga, Sumaúma e Ucuuba, diferenciados da floresta pelo pequeno número de espécies e distribuição esparsa dos indivíduos, sendo a falta de sub-bosque uma das peculiaridades marcantes dessa formação.

É composta por espécies decíduas, que perdem as folhas durante as enchentes e ocorrem na foz do rio Bauana e pequena área na margem do rio Tefê, próxima à foz do Curimatã de Baixo.

### 3.3 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS NA COLETA DOS DADOS

Nas medições dendrométricas das unidades amostrais foram utilizados instrumentos comumente empregados na execução de inventários florestais como:

- hipsômetros de Blume-Leiss e de Haga
- fitas métricas comum
- trenas
- bússolas
- pranchetas
- formulários de campo
- materiais cortantes
- equipamento para subir em árvores.

### 3.4 METODOLOGIA APLICADA NO INVENTÁRIO FLORESTAL PARA A COLETA DE DADOS

#### 3.4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO FLORESTAL E MAPEAMENTO

A análise da composição florística da região foi feita, utilizando-se fotografias aéreas com escalas médias de 1:50.000, oriundas de vôo executado em julho de 1978. Elaborou-se, portanto, mapas florestais com delimitações das tipologias classificadas constantes do Quadro 1 com suas respectivas áreas e participações percentuais em relação à área total estudada.

Quadro 1 - Tipos florestais identificados na área e suas participações em relação ao total.

TIPOS FLORESTAIS	DENOMINAÇÃO TIPOLOGICA	ÁREA EM ha	% EM RELAÇÃO AO TOTAL
I	Floresta Tropical Aberta de Igapô	47415,85	4,64
II	Floresta Tropical Aberta de Várzea	136629,93	13,36
III	Floresta Tropical Densa de Terra Firme	558008,98	54,57
IV	Floresta Tropical Densa de Terra Firme com Emergentes	174372,75	17,05
V	Floresta Tropical Densa de Terra Firme com árvores inferior ao Tipo III	83070,96	8,12
VI	Floresta Tropical Explorada	814,48	0,08
VII	Floresta Tropical rala de Terra Firme	3421,00	0,32
VIII	Rios e Lagos	19040,20	1,86
IX	Caminhos e Clareiras	20,50	0,002
X	Ausência de Florestas	19875,18	1,94
TOTAL		1022614,65	100,00

### 3.4.2 SISTEMA DE AMOSTRAGEM

Considerando-se a impossibilidade de chegar-se em algumas das tipologias definidas pela fotointerpretação, resolveu-se englobar todos os tipos florestais identificados em apenas dois grandes estratos: Floresta de Várzea e de Terra Firme. Essa impossibilidade deu-se em virtude, muitas vezes, da insignificância de suas áreas e das dificuldades em localizar-se nos rios, pontos que pudessem determinar o acesso a esses tipos florestais e principalmente, pela incerteza de se ter encontrado o estrato desejado, simplesmente com avaliações visuais, certamente subjetivas a cada equipe de trabalho.

Foram agrupadas as áreas tipos I e II que resultaram 184.045,78 ha, ou seja, 18% da área total, considerando-se como Floresta de Várzea enquanto que 80,06%, ou seja, 818.693,69 ha é a área que corresponde à Floresta de Terra Firme e que agrupou os tipos III, IV, V e VII.

Considerando-se a homogeneidade em termos volumétricos nestes dois grandes estratos, constatado no inventário preliminar, aplicou-se a amostragem em conglomerados com quatro subunidades estruturadas em cruz, que já foi empregada com sucesso em outros inventários na Amazônia.

### 3.4.3 UNIDADE AMOSTRAL

O conglomerado utilizado era composto de quatro subunidades de forma retangular com 10 m de largura por 250 m de comprimento. A partir do centro do conglomerado, media-se 100 m para cada lado, quando então, estabelecia-se as sub-

unidades amostrais, conforme ilustra a Figura 2. A distância entre conglomerado era de 2.000 m e foram medidos um total de 119.

#### 3.4.4 MEDIÇÕES EXECUTADAS NAS SUBUNIDADES

Foram tomadas as seguintes informações:

- identificação do nome vulgar da espécie por mateiros da própria região;
- circunferência à altura do peito (1,30 m) das árvores com CAP  $\geq$  60 cm;
- altura comercial de todas as árvores com CAP  $\geq$  60 cm.

As circunferências foram medidas com fitas métricas comum ou trenas e as alturas comerciais com hipsômetros de Haga ou de Blume-Leiss. Estabeleceu-se como altura comercial aquela imediatamente abaixo da bifurcação ou inserção de galhos de portes consideráveis.

#### 3.4.5 ESTIMATIVAS DOS VOLUMES INDIVIDUAIS

A função de forma utilizada foi a polinomial de 5º grau proposta por PETERS<sup>27</sup>.

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + fX^5$$

onde:

$$Y = \frac{d_i}{2 d_{0,1}} \quad e \quad X = \frac{h_i}{h}$$

$d_i$  = diâmetro tomado à altura  $h_i$

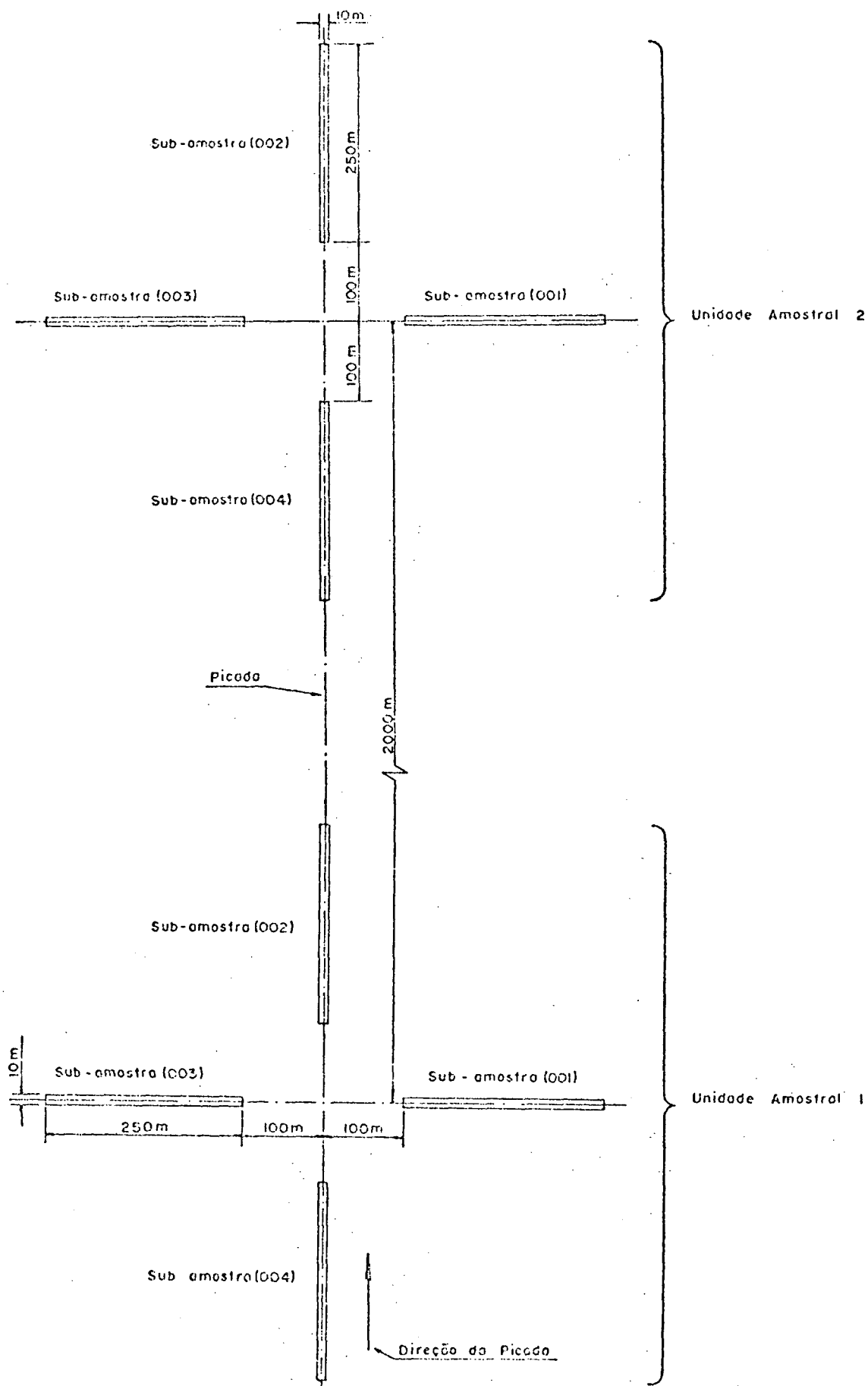


Figura 2 - Unidade amostral



$d_{0,1}$  = diâmetro tomado a um décimo da altura total  $h$ .

Esta função resulta em curva de forma média relativa e que pode ser operativa através de integração para obtenção do volume (V), ou seja,

$$V = \int_0^{h_i} f(x) dx$$

O polinômio desenvolvido para estimar os valores individuais no inventário florestal foi o seguinte:

$$Y = 0,59151 - 1,48099X + 6,90949X^2 - 17,86792X^3 + 21,51914X^4 - 9,58038X^5.$$

### 3.5 METODOLOGIA APLICADA NESTA PESQUISA

#### 3.5.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados oriundos do inventário florestal foram organizados de forma a facilitar a operabilidade da computação dos dados e assim alcançar os objetivos propostos na pesquisa.

Cada subunidade do conglomerado foi considerada uma unidade amostral ou como uma observação e após suas classificações, a floresta de terra firme ficou representada por 406 unidades amostrais ou observações, enquanto que na Floresta de Várzea foram medidas as outras 70 amostras que constituíam os 119 conglomerados.

As variáveis de interesse para a pesquisa foram ex-

trapoladas para a unidade adotada que foi o hectare, sendo estas, estruturadas em matrizes e gravadas em fitas cassetes, para facilitar as operações subseqüentes através do computador Hewlet - Packard 9830 A.

### 3.5.2 NÚMERO DE AMOSTRAS NECESSÁRIAS

Antes de serem iniciados os testes, fez-se necessário verificar se o número de amostras em cada estrato eram suficientes para atender um certo limite de erro.

Essas verificações foram feitas empregando-se as fórmulas do sistema de amostragem aleatório, mais especificamente para populações infinitas, em razão da fração de amostragem ter sido constatada como pequena. As seguintes fórmulas foram utilizadas:

a) média volumétrica estimada ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

b) variância da média estimada ( $s^2$ )

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \cdot (\bar{X})^2}{n - 1}$$

c) número de amostras necessárias (N)

$$N = \frac{s^2 t^2}{e^2}$$

onde:

$i$  = i-ésimo valor que o volume assume

$n$  = número total de unidades de amostras medidas ou observações

$X$  = volume por ha de cada unidade amostral ou observação

$t$  = valor tabelar de *Student* com 95% de probabilidade

$\epsilon$  = expectância do erro =  $LE\% \cdot \bar{X}$

LE = limite de erro permitido de 10%

### 3.5.3 VARIÁVEIS TESTADAS

Como variáveis dependentes sempre considerou-se os volumes comerciais com casca em  $m^3$  por ha, obtidos em cada unidade de amostra, nas seguintes formas:

- a) volume comercial com casca, englobando todas espécies, exceto as Palmeiras (V);
- b) volume comercial com casca, englobando espécies economicamente importantes (v).

As espécies citadas no item a são relacionadas no Quadro 26, do Apêndice, e tratam-se de todas as espécies florestais encontradas na amostragem, excetuando-se as Palmeiras. As espécies consideradas nesta pesquisa como economicamente importantes e tratadas no item b, foram selecionadas através da lista fornecida pela CACEX onde constam as espécies que contribuem para o mercado externo e também aquelas que pelo seus usos intensos no mercado interno, são altamente valiosas. Este grupo de espécies está relacionado no Quadro 2.

Quadro 2 - Grupo de espécies florestais economicamente importantes.

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
Acapu	<i>Vouacapoua pallidior</i> Ducke	Leguminosae
Acapurana	<i>Campsiandra comosa</i> (Benth.) Lowan	Leguminosae
Amapá, Amapá-branco	<i>Brosimum</i> spp.	Moraceae
Anani	<i>Simphoria globulifera</i> L.F.	Guttiferae
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae
Angelim spp.	-	Leguminosae
Arara-tucupi	<i>Parkia pendula</i> Benth. ex. Walp.	Leguminosae
Assacu	<i>Hura creptans</i> L.	Euphorbiaceae
Castanha-de-curupira	<i>Curupira tefeensis</i> G.A.Black	Olacaceae
Castanha-de-sapucaia	<i>Lecythis usitata</i> Miers.	Lecythidaceae
Castanha-do-Pará	<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Lecythidaceae
Cedro spp.	-	Meliaceae
Cedrorana	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke	Leguminosae
Copaíba	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Leguminosae
Copiuba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Celastraceae
Cumuarú, Cerejeira	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Leguminosae
Iaveira	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Leguminosae
Itauba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meiss.) Taub.ex Mez.	Lauraceae
Jacareúba	<i>Callophyllum brasiliense</i> Camb.	Guttiferae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Leguminosae
Jutaí	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	Leguminosae
Louro spp.	-	Lauraceae
Macacaúba	<i>Platymiscium uley</i> Harms.	Leguminosae
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> Ducke	Sapotaceae
Maparajuba	<i>Manilkara paraensis</i> (Hub.) Standl.	Sapotaceae
Marupá	<i>Simaruba amara</i> Aubl.	Simarubaceae
Muirápiranga	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae
Muiratinga	<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) Berg.	Moraceae
Parapará	<i>Jacaranda copaia</i> D. Don.	Bignoniaceae
Pau-d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i> (D. Don) Nichols	Bignoniaceae
Pau-ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Leguminosae
Piquiá	<i>Caryocar nillosum</i> Aubl.	Caryocaraceae
Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Preciosa	<i>Aniba canellila</i> (H.B.K.) Mez	Lauraceae
Seringa-chicote	<i>Hevea benthamiana</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Sorva	<i>Couma</i> spp.	Apocynaceae
Sucupira spp	-	Leguminosae
Tauari	<i>Cariniana</i> spp.	Lecythidaceae
Taxi	<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vog.	Leguminosae
Ucuuba spp.	<i>Virola</i> spp.	Myristicaceae
Urucurana	<i>Sloanea floribunda</i> Spruce ex. Benth	Elaeocarpaceae
Violeta	<i>Peltogyne catingae</i> (W.Rodr.) M.F.da Silva	Leguminosae

Como variáveis independentes utilizou-se a área basal por ha com casca ( $G$ ), o número de árvores por ha ( $N$ ), a altura comercial média ( $\bar{h}$ ) e o diâmetro médio aritmético com casca medido a 1,30 ( $\bar{d}$ ). Estas variáveis foram calculadas em cada unidade amostral e constituíram-se, portanto, em dados observados.

Estas observações englobaram ora todas as espécies constantes no Quadro 26 do Apêndice, ora somente aquelas espécies economicamente valiosas relacionadas no Quadro 2. As quatro variáveis independentes com as 2 dependentes citadas anteriormente, formaram as variáveis básicas para esta pesquisa e sofreram transformações para as formas quadráticas, logarítmicas e combinadas, conforme relaciona-se a seguir:

#### Variáveis Dependentes:

$V$ ,  $\log V$ ,  $v$ ,  $\log v$

#### Variáveis Independentes:

$\bar{d}$  ;  $\bar{d}^2$  ;  $G$  ;  $G^2$  ;  $\log G$  ;  
 $\log G^2$  ;  $\bar{h}$  ;  $N$  ;  $GN$  ;  $G\bar{h}$  ;  
 $N\bar{d}$  ;  $\bar{d}^2\bar{h}$  ;  $G^2N$  ;  $\log GN$  ;  $\log G^2N$  ;  
 $\log G^2\bar{h}$  ;  $\log G\bar{h}$  ;  $\log \bar{d}^2\bar{h}$  ;  $\log N\bar{d}$  .

### 3.5.4 MODELOS VOLUMÉTRICOS TESTADOS

Foram testados modelos encontrados na literatura e de uso tradicional em estimativas volumétricas de árvores individuais e alguns deles também empregados com sucesso por alguns autores para estimar volume por unidade de área.

Os 19 modelos testados são citados a seguir:

- 1)  $V = b_0 + b_1 G$
- 2)  $V = b_0 + b_1 N$
- 3)  $V = b_0 + b_1 \bar{d}$
- 4)  $V = b_0 + b_1 \bar{d}^2$
- 5)  $V = b_0 + b_1 G^2$
- 6)  $V = b_0 + b_1 G N$
- 7)  $V = b_0 + b_1 G \bar{h}$
- 8)  $V = b_0 + b_1 N \bar{d}$
- 9)  $V = b_0 + b_1 \bar{d}^2 \bar{h}$
- 10)  $V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$
- 11)  $V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$
- 12)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log G$
- 13)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2$
- 14)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log GN$
- 15)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 N$
- 16)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$
- 17)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$
- 18)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log \bar{d}^2 \bar{h}$
- 19)  $\log V = \log b_0 + b_1 \log N \bar{d}$

### 3.5.5 CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES

Um estudo de correlação linear simples foi feito com a finalidade de observar a tendência de associação entre as variáveis dependentes e independentes. Estas verificações serviram também para atender um dos objetivos desta pesquisa, ou seja, a tentativa de compor um modelo pelo processo *Forward*.

### 3.5.6 PROCESSO FORWARD

Tendo-se em disponibilidade um programa de regressão para execução do procedimento estatístico *Forward*, que segundo DRAPER & SMITH<sup>11</sup>, visa encontrar o melhor modelo através de inclusões sucessivas de variáveis, procurou-se então, aplicá-lo com a finalidade de encontrar um modelo que fosse melhor que aqueles pré-selecionados, relacionados no item 3.5.4.

Este processo *Forward* consiste, basicamente, na inclusão de variáveis independentes mais altamente correlacionadas com a dependente, testando - se a cada passo, se a entrada da nova variável, torna o modelo mais eficiente, até encontrar a equação que apresente melhores estimativas. A significância ou não do acrescimo da nova variável é testada pela análise de variância do F parcial ao nível de 1% de probabilidade.

### 3.5.7 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MELHOR MODELO

A partir do ajustamento dos modelos que constam do item 3.5.4, a escolha da melhor equação foi feita com base nos seguintes critérios:

- a) coeficiente de determinação ( $R^2$ );
- b) erro padrão residual ( $S_{yx}$ );
- c) soma dos quadrados dos resíduos (SQR);
- d) análise gráfica dos resíduos;
- e) análise dos resíduos através da probabilidade cumulativa.

Como os modelos testados apresentam-se nas formas aritméticas e logarítmicas e estas não são comparáveis diretamente, foi necessário a transformação do erro padrão residual para unidades relativas, utilizando-se para tanto a fórmula:

$$S_{yx} \% = \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} \times 100$$

onde:

$\bar{Y}$  = média aritmética da variável dependente.

Esta fórmula foi empregada para as equações aritméticas, enquanto que para as logarítmicas essa transformação foi feita pela expressão recomendada por MEYER<sup>24</sup>, como segue:

$$S_{yx} \% = 230,26 \cdot S_{yx}$$

onde:  $S_{yx} \%$  = erro padrão residual em percentagem, transformado para unidades aritméticas

$S_{yx}$  = erro padrão residual em unidades logarítmicas.



Esta fórmula é indicada por MEYER<sup>24</sup> para os casos em que o erro padrão residual em unidades logarítmicas é menor que 0,1. Quando este erro era maior ou igual a 0,1, a fórmula aplicada foi:

$$Syx \% = (10^{Syx} - 1) \times 100$$

segundo o recomendado por esse autor.

A existência ou não de tendenciosidade nas estimativas dos volumes foi verificada visualmente através da distribuição gráfica dos resíduos em percentual e analiticamente através do teste de probabilidade cumulativa que observa a troca de sinais dos resíduos.

Estes foram calculados pela fórmula:

$$RES \% = \left( \frac{V_0 - V_e}{V_0} \right) \times 100$$

onde:

$V_0$  = volume observado em cada unidade amostral

$V_e$  = volume estimado pelo modelo.

Tendo-se essa distribuição residual, computou-se o número de sinais positivos ( $n_1$ ), o número de sinais negativos ( $n_2$ ) e o número de trocas de sinais ( $u$ ) ocorridos ao longo da linha média dos resíduos, conforme a metodologia apresentada por DRAPER & SMITH<sup>11</sup>.

Na determinação da probabilidade cumulativa utilizou-se a "tabela para testar a aleatoriedade de grupos em sequência alternativas" desenvolvida por SWED & EISENHART\*,

\*SWED, F.S. & EISENHART, C. "Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives". Ann. Math. Statist. 14, 66-87, 1943.

citados por DRAPER & SMITH<sup>11</sup> e usada para valores de  $n_1 \leq 10$  e  $n_1 \leq n_2 \leq 10$ . Quando  $n_1 > 10$  e  $n_2 > 10$ , valores reais não são necessários, visto que uma aproximação normal para a distribuição real prove uma acuracidade satisfatória. Esta estimativa foi obtida da seguinte forma:

$$\mu = \frac{2 n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$\sigma^2 = \frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}$$

Pode ser demonstrado que  $\mu$  e  $\sigma^2$  são respectivamente, a média e a variância verdadeiras da distribuição discreta  $u$ . Então:

$$Z = (u - \mu + 1/2) / \sigma$$

Determinado o valor por esta fórmula, entra-se na tabela de distribuição  $Z$ , encontrando-se o valor probabilístico respectivo. A probabilidade encontrada foi comparada com o valor pré-estabelecido  $\alpha = 0,05$  e rejeitar-se-ia a hipótese de que a distribuição das mudanças de sinais dos resíduos observados tenha ocorrido devido ao acaso, isto é, sem tendências, se o valor tabelado da probabilidade cumulativa, for menor ou igual ao valor  $\alpha = 0,05$ , pré-estabelecido.

### 3.5.8 DISCREPÂNCIA LOGARÍTMICA

MEYER<sup>25</sup> afirma que a aplicação de equações logarítmicas para estimativas volumétricas resultam em erros sistemáticos definidos como "discrepância logarítmica". Esta discrepância ocorre quando se obtém o antilogaritmo da variável dependente estimada pela regressão. O antilogaritmo dos valores médios logaritmizados é a média geométrica dos volumes, o que é diferente da média aritmética (ROSOT<sup>29</sup>, FIGUEIREDO<sup>14</sup>). Esta diferença resulta em um erro devido à discrepância logarítmica.

Para corrigir este erro sistemático MEYER<sup>33</sup> recomenda o uso do seguinte fator de correção (F):

$$F = 10^{1/2 (S_{\hat{y}x}^2 \cdot \ln 10)}$$

ou

$$F = 10^{1,1513 \cdot S_{\hat{y}x}^2}$$

onde:

$S_{\hat{y}x}^2$  = quadrado do erro padrão residual em unidades logarítmicas.

Assim sendo, as estimativas resultantes de equações logarítmicas foram corrigidas por este fator.

### 3.5.9 POSSIBILIDADES DE AGRUPAMENTOS DOS DADOS DOS TIPOS FLORESTAIS ESTUDADOS

Segundo vários autores, citados na revisão de literatura no item 2.3, para comparar equações de regressão de diferentes populações é necessário verificar inicialmente, se estas apresentam superfícies paralelas. Cumprida esta exigência, a segunda hipótese consiste em saber se as referidas equações têm interceptos comuns. Se estas duas condições forem satisfeitas, deduz-se que os dados que originaram as equações podem ser agrupados e, em consequência, uma única equação pode ser ajustada para representar as populações estudadas.

Nesta pesquisa, o quadro que se apresenta, enquadra-se perfeitamente nesse contexto, onde duas tipologias distintas (Várzea e Terra Firme) tiveram equações de regressões ajustadas, especificamente. Na tentativa de utilização de um único modelo de regressão para ambas populações, aplicou-se portanto, o teste de análise de covariância (ANACOVA) seguindo-se a metodologia desenvolvida por Snedecor, citado por FREESE<sup>16</sup>, que afirma ser tal processo uma forma eficaz para determinar se conjuntos de dados de diferentes populações podem ser agrupados.

FREESE<sup>16</sup> diz que o referido procedimento testa, em uma primeira fase, se as equações de regressão representativas de cada população têm inclinações comuns, ou seja, apresentam superfícies paralelas. Se esta primeira hipótese for atendida, pode-se seguir adiante e testar a segunda hipótese que consiste em verificar se as equações em comparação têm

interceptos comuns.

Não sendo detectadas diferenças significativas nessas duas hipóteses, as equações podem ser consideradas iguais e portanto, os dados podem ser agrupados, resultando uma única equação para representar as populações analisadas.

No entanto, a citada metodologia de Snedecor somente pode ser aplicada para equações que envolvam apenas uma variável independente, ou seja, para equações lineares simples.

As equações resultantes do sistema *Forward*, apresentaram-se com mais de uma variável independente e nestes casos, seguiu-se a metodologia desenvolvida por KOZAK<sup>21</sup> para regressões múltiplas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 UNIDADES AMOSTRAIS NECESSÁRIAS

Para o ajustamento de equações que estimem o volume por unidade de área é necessário, primeiramente, verificar-se o número de observações ou unidades amostrais medidas por ocasião do inventário florestal foram suficientes para atender a uma determinada precisão.

As 70 amostras da Várzea, assim como as 406 de Terra Firme, foram suficientes para uma precisão de 10% com 95% de probabilidade de ocorrência, constatado pelos resultados obtidos através das fórmulas citadas no item 3.5.2.

Comprovou-se assim que os dados eram suficientes, tanto quando considerou-se "todas as espécies" como também quando somente o "grupo de espécies comercialmente importantes" foram analisados.

## 4.2 RESULTADOS PARA TODAS ESPÉCIES, EXCETO AS PALMEIRAS

### 4.2.1 FLORESTA DE VÁRZEA

4.2.1.1 Correlação linear simples – O Quadro 27 do Apêndice mostra a correlação linear simples entre todas as variáveis envolvidas na pesquisa. Os produtos  $G\bar{h}$  e  $G^2\bar{h}$  foram as variáveis mais fortemente relacionadas com o volume, seja na forma aritmética como logarítmica, seguidas pela área basal que foi a variável independente simples de melhor correlação, conforme ilustra o Quadro 3.

Quadro 3 – Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples, com a(s) variável(is) dependente(s), englobando-se todas as espécies - Floresta de Várzea

VARIÁVEIS DEPENDENTES	VARIÁVEIS INDEPENDENTES					
	$G^2\bar{h}$	$G\bar{h}$	G	$\log G^2\bar{h}$	$\log G\bar{h}$	$\log G$
Volume (V)	0,9799	0,9878	0,9317	-	-	-
$\log V$	-	-	-	0,9912	0,9903	0,9468

#### 4.2.1.2 Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados-

Os resultados dos testes aplicados aos 19 modelos citados no item 3.5.4 são apresentados no Quadro 28 do Apêndice, com os estimadores de precisão  $F$ ,  $R^2$  e  $Syx\%$  que serviram de base para uma seleção prévia dos melhores modelos. Observa-se que os modelos estudados estimam o volume por ha com erros que variam de 4,46 % até 34,62 %, indicando o péssimo ajustamento de alguns desses modelos, quase sempre quando envolviam o diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ ) e o número de árvores ( $N$ ) com variáveis independentes.

O Quadro 4 relaciona os 7 modelos selecionados através dos estimadores de precisão básicos citados anteriormente acrescidos da Probabilidade Cumulativa (P.C.) e da Soma de Quadrados dos Resíduos (SQR) de cada modelo. Estes novos elementos de precisão, complementados pela distribuição gráfica dos resíduos em percentagem, possibilitaram uma análise mais rigorosa sobre a eficiência dos modelos estudados, selecionando-se realmente, aqueles que melhor estimam o volume por ha.

Com base nesses estimadores de precisão, procurou-se inicialmente, selecionar o melhor modelo para o grupo das aritméticas e para o das logarítmicas.

A equação 10 foi sumariamente eliminada pois, graficamente indicou nítida tendenciosidade, principalmente nas classes inferiores, comprovada analiticamente pela probabilidade cumulativa.

No grupo das aritméticas destaca-se a equação 7 enquanto que a 16 é a melhor das logarítmicas. As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a boa distribuição residual des-



sas duas equações, enquanto que as Figuras 35 a 39 do Apêndice apresentam a distribuição gráfica para as demais equações.

Analisando-se o grupo das logarítmicas, observa-se que os modelos 16 e 17, apresentam características de precisão muito próximas. Na distribuição residual, nota-se uma pequena vantagem para a equação 17 uma vez que a 16 tende a subestimar nas classes acima de  $300 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Isto, contudo, não afeta em muito a eficiência do modelo 16 pois, amostras acima dessa classe são pouco freqüentes. Em decorrência, a escolha recaiu sobre o modelo 16 que no aspecto global é o que realmente pode fornecer as melhores estimativas para a Floresta de Várzea, podendo-se observar seu ajuste na Figura 5. Entretanto, ressalta-se a boa composição apresentada pelo modelo 17 que pode ser considerado como o 2º melhor para esse estrato.

Quanto a praticidade, pode-se indicar a equação 1 que além de apresentar um nível de erro aceitável, depende da medição de apenas uma variável independente de fácil e rápida obtenção no campo, que é a área basal.

Somente a equação 10 mostrou-se tendenciosa. As demais têm amplas possibilidades de serem utilizadas para estimar o volume por hectare nessa tipologia, observados seus respectivos erros.

Quadro 4 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = 7,79436834$ $b_1 = 9,963862211$	0,8680	31,16174	11,86	0,7257	66031,6842	447,10
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 9,02809992$ $b_1 = 0,764660706$	0,9757	13,37390	5,09	0,3300	12162,5574	2728,55
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 127,7886234$ $b_1 = 0,014585658$	0,9602	17,11049	6,51	0,0019	19908,2772	1640,49
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = 48,6902484$ $b_1 = 6,56855369$ $b_2 = 0,064112051$	0,8712	31,01094	11,81	0,7357	64432,4736	226,56
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 1,080369724$ $b_1 = 0,949899416$	0,8965	0,04701	10,82	0,1093	66610,1184	588,98
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,439209546$ $b_1 = 0,50411384$	0,9825	0,01936	4,46	0,8186	10472,9199	3808,08
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = -0,039814622$ $b_1 = 0,975660458$	0,9806	0,02034	4,68	0,5517	12074,4586	3443,54

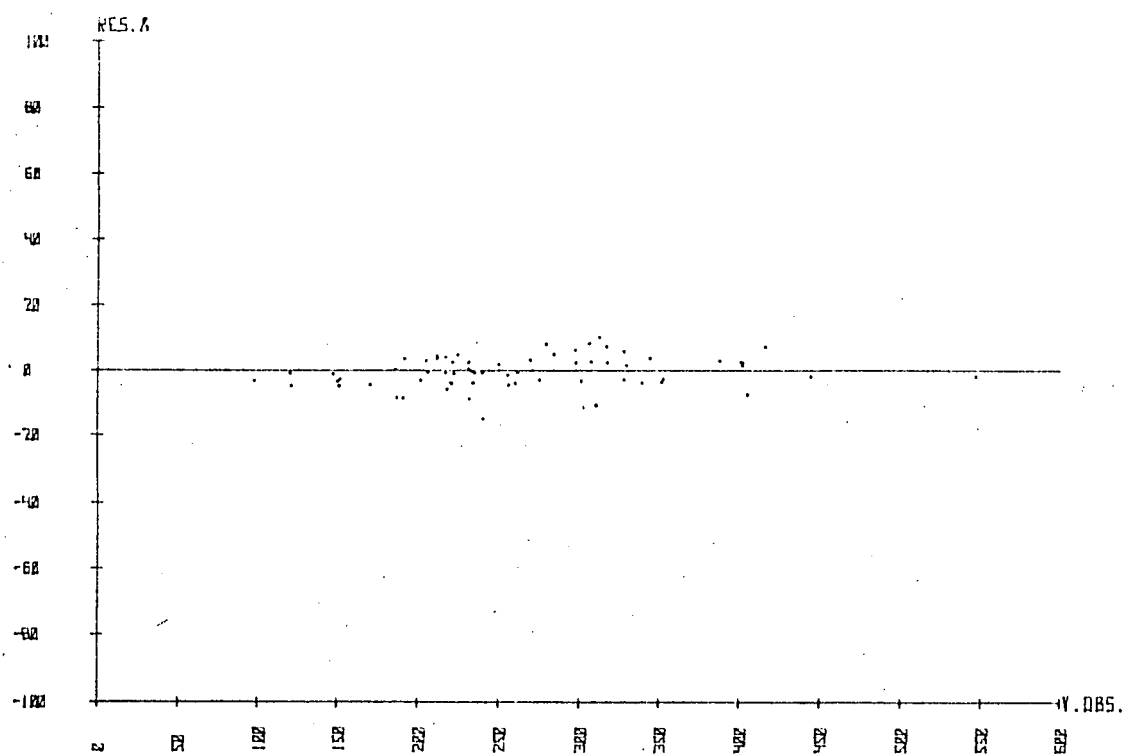


Figura 3 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea.

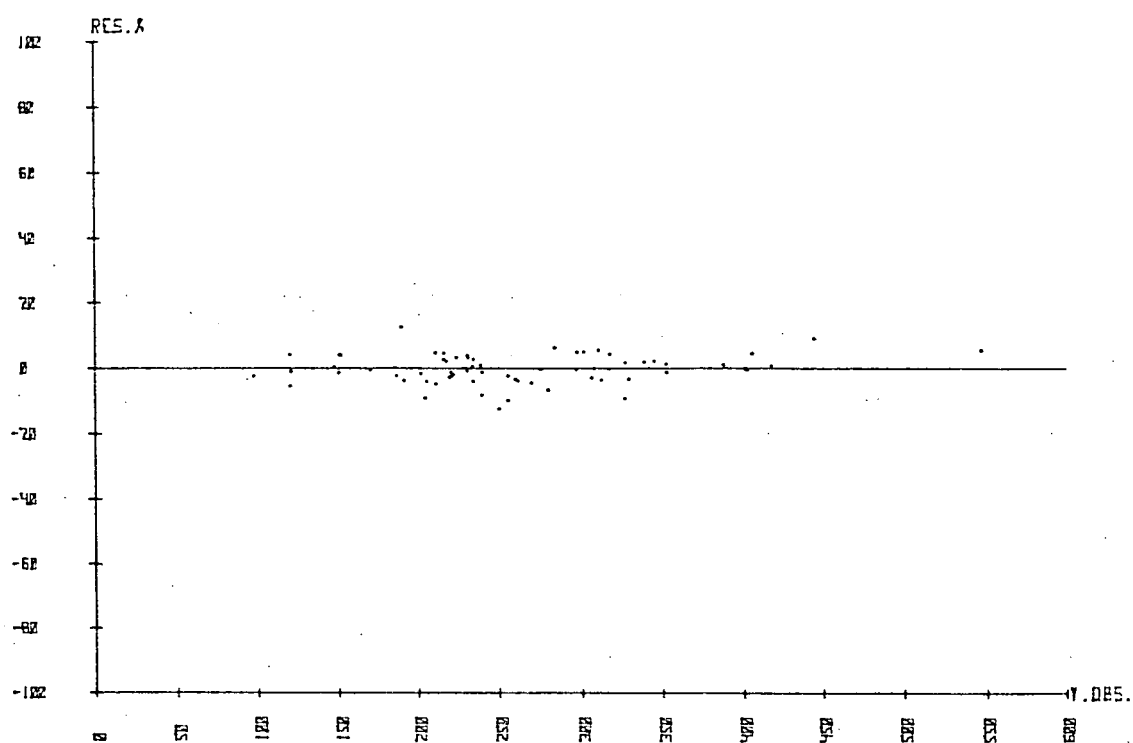


Figura 4 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea.

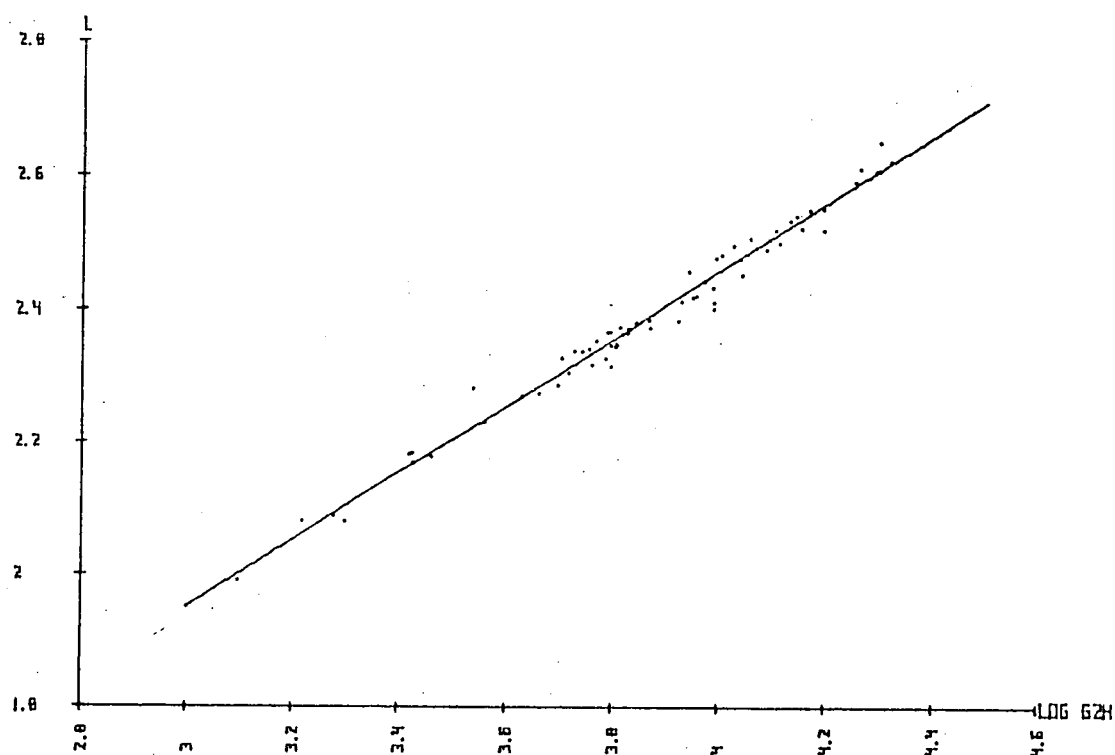


Figura 5 – Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) através da equação 16 – Floresta de Várzea.

4.2.1.3 Obtenção de modelos pelo processo *Forward* – Todas as variáveis relacionadas no item 3.5.3 constituíram-se em observações potenciais e foram inseridas no programa *Forward* que procura compor um modelo de regressão a partir da inclusão sucessiva de variáveis independentes.

O acréscimo de variáveis independentes em um modelo de regressão, pode resultar em ganhos significativos na precisão. No entanto, quanto maior o número de variáveis, maior será o tempo dispendido para suas medições no campo, repercutindo no custo global de um trabalho. Por isto, limitou-se a inclusão de no máximo 3 variáveis independentes no modelo.

O estudo foi dirigido para obter-se modelos aritméticos e logarítmicos e, como o processo *Forward* inclui ini-

cialmente no modelo, a variável independente de maior correlação linear simples com a dependente, a seleção de regressões partiu da inclusão das variáveis  $G\bar{h}$  e  $\log G^2\bar{h}$ , confirmando o que consta no Quadro 3.

A significância em termos de precisão, com a inclusão da próxima variável independente foi analisada pelo teste F parcial ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados constam do Quadro 5, observando-se que o primeiro modelo dos grupos aritméticos e logarítmicos (1a e 4a) coincidem com os modelos pré-selecionados no Quadro 4 (7 e 16) já analisados.

No grupo dos aritméticos a inclusão da variável  $G$  quando  $G\bar{h}$  já encontra-se no modelo resultou em um acréscimo na precisão considerado significativo, com o  $S_{yx}$  decrescendo de 5,09% para 3,03%. O acréscimo da 3.<sup>a</sup> variável  $G^2$  quando  $G\bar{h}$  e  $G$  já estão no modelo, trouxe uma pequena melhoria na precisão, que no entanto pode ser desconsiderada uma vez que o teste F resultou não significativo.

O modelo aritmético resultante do processo *Forward* é o 2a, com bons níveis de precisão constantes no Quadro 5 e que apresenta uma distribuição residual bastante homogênea, conforme ilustra a Figura 6. Não se descarta aqui, a hipótese de utilização da equação 3a que apesar de apresentar um acréscimo de precisão não significativo, emprega uma 3.<sup>a</sup> variável já existente no modelo selecionado e seu uso, portanto, não acarretará custos adicionais durante a amostragem e fatalmente estimará o volume com tal ou melhor eficiência que o modelo 2a como mostra os indicadores de precisão e a distribuição residual da Figura 40 do Apêndice.

Quadro 5 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
1a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 9,02809992$ $b_1 = 0,764660706$	0,9757	13,37390	5,09	0,3300	12162,5574	2728,55
2a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$	$b_0 = -3,52546742$ $b_1 = 0,580845736$ $b_2 = 2,874341498$	0,9915	7,94909	3,03	0,2946	4233,5897	3924,49
3a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G + b_3 G^2$	$b_0 = 11,378718$ $b_1 = 0,577349958$ $b_2 = 1,68527165$ $b_3 = 0,023258336$	0,9920	7,80963	2,97	0,2946	4025,3613	2711,73
4a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,439209546$ $b_1 = 0,50411384$	0,9825	0,01936	4,46	0,8186	10472,9199	3808,08
5a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G$	$\log b_0 = 0,18493523$ $b_1 = 0,73845691$ $b_2 = -0,47316755$	0,9926	0,01267	2,92	0,3594	4195,4616	4490,27

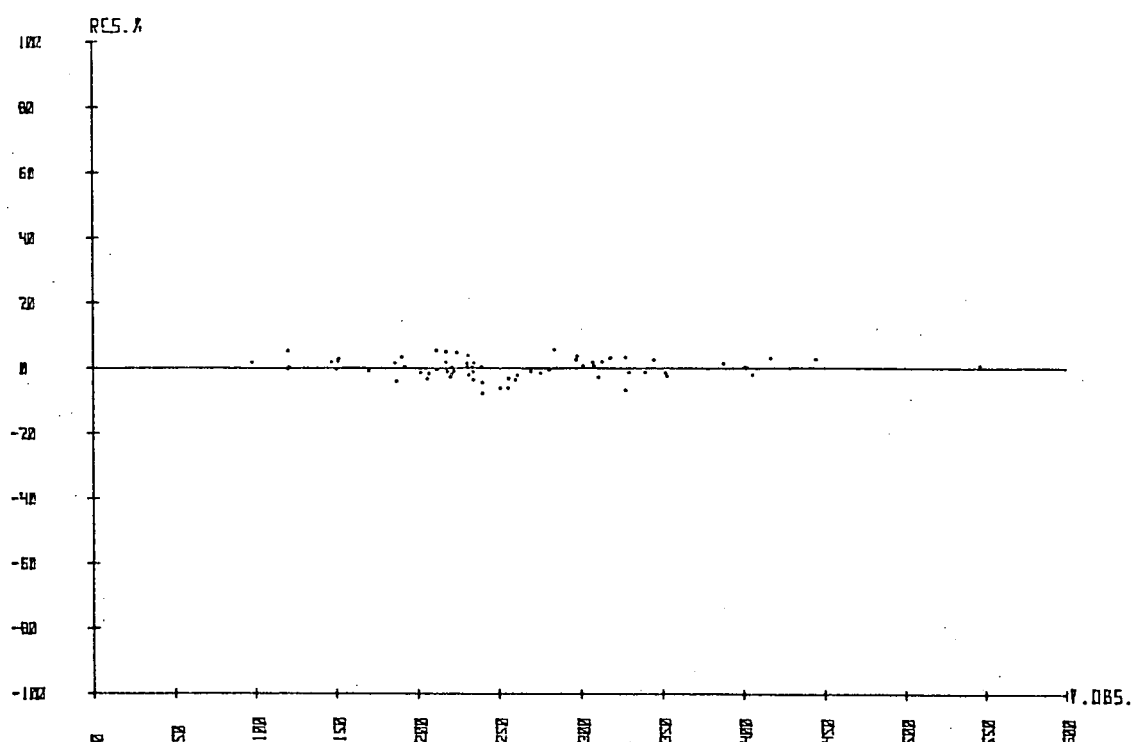


Figura 6 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 2a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea.

No grupo das logarítmicas, a equação selecionada pelo processo em questão foi a 5a, que apresentou os melhores índices de precisão entre todas as demais. A Figura 7 mostra que os resíduos desta equação tem uma boa distribuição, superando inclusive o modelo 16, indicado como o melhor entre os pré-selecionados na literatura. Salienta-se que o modelo 5a tem uma variável a mais que o 16. No entanto, este fato não tem conseqüências nos custos de medições dessa variável que já faz parte do modelo 16, apenas que, não transformada.

Por conseguinte, o processo *Forward* trouxe contribuições significativas pois o menor erro conseguido com os modelos pré-selecionados que foi 4,46% decresceu para 2,92%, o que demonstra o elevado grau de eficiência dos modelos elaborados por este processo.

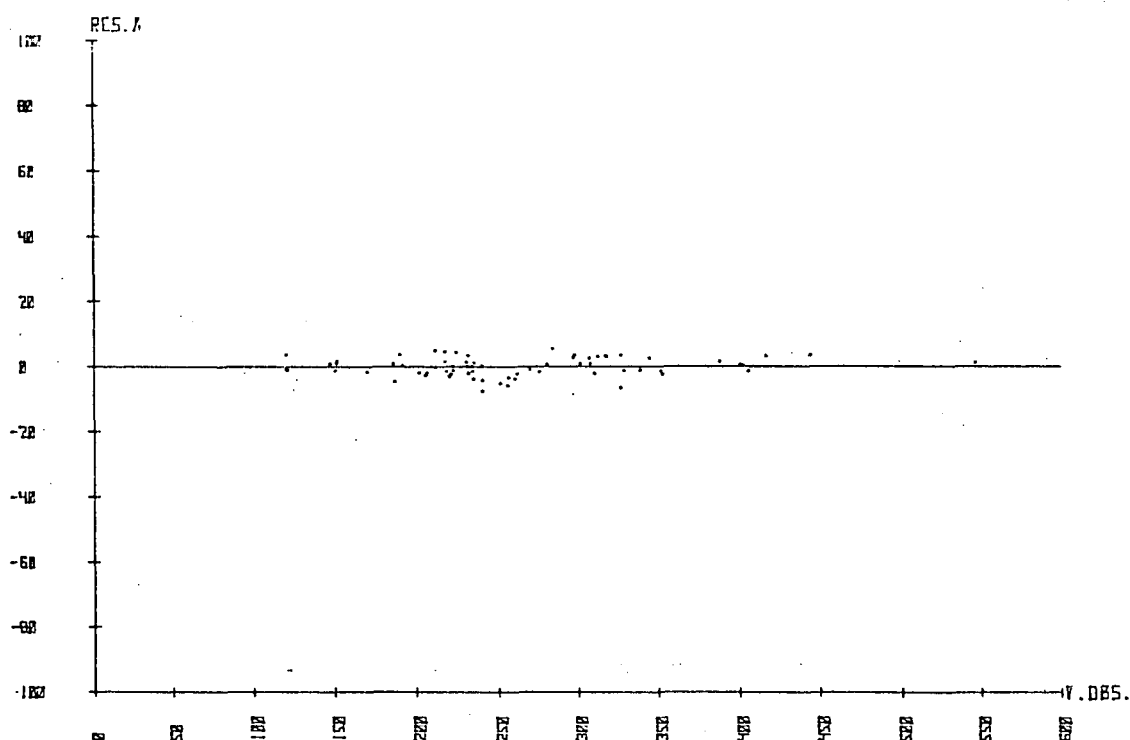


Figura 7 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 5a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea.

#### 4.2.2 FLORESTA DE TERRA FIRME

4.2.2.1 Correlação Linear Simples - O resultado da Correlação Linear Simples de todas as variáveis encontra - se no Quadro 29 do Apêndice. No Quadro 6 constam aquelas variáveis mais fortemente relacionadas com as variáveis dependentes. Nota - se neste Quadro a presença das mesmas variáveis selecionadas para a Floresta de Várzea, seguindo - se portanto, tendências idênticas em ambas as tipologias, inclusive sequencial para os grupos aritméticos e logarítmicos.

No entanto, analisando-se as diferenças entre as mesmas variáveis para as duas florestas, observa - se que houve ram acréscimos e decréscimos na correlação dessas variáveis.



O termo combinado " $G\bar{h}$ " em ambas as tipologias foi o mais fortemente correlacionado com o volume no grupo das aritméticas enquanto que o  $\log G^2\bar{h}$  foi o melhor no grupo dos logarítmicos e apresentou o maior grau de correlação com a variável dependente.

Quadro 6 - Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples, com a(s) variável(is) dependente(s), englobando-se todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme

VARIÁVEIS DEPENDENTES	VARIÁVEIS INDEPENDENTES					
	$G^2\bar{h}$	$G\bar{h}$	G	$\log G^2\bar{h}$	$\log G\bar{h}$	$\log G$
Volume (V)	0,9686	0,9891	0,9689	-	-	-
$\log V$	-	-	-	0,9961	0,9897	0,9689

#### 4.2.2.2 Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados

Na Floresta de Terra Firme, seguiu-se o mesmo esquema citado no item 4.2.1.2. Portanto, todos os modelos testados encontram-se no Quadro 30 do Apêndice. A variação em termos de erros foi de 3,06% até 27,12%, apresentando um intervalo menor que o verificado nos testes para a Floresta de Várzea. A maioria dos modelos ajustados para Terra Firme tiveram melhoras quanto à precisão em termos de  $Syx\%$ . Certamente,

isto ocorreu pelo fato de existirem 406 observações para Terra Firme contra apenas 70 para a Várzea.

Entre os 19 modelos testados, selecionou-se também os 7 melhores para estimar o volume na Floresta de Terra Firme a partir dos estimadores de precisão que se encontram no Quadro 30 do Apêndice. Os modelos escolhidos, coincidentemente, foram os mesmos selecionados para a Várzea, mostrando praticamente, posicionamentos idênticos quanto à precisão.

Seguindo-se o mesmo procedimento adotado na Floresta de Várzea, obteve-se para os 7 modelos os elementos de precisão complementares constantes do Quadro 7 que possibilitaram um melhor julgamento das estimativas dessas equações.

A equação 10, como já ocorrera para a Floresta de Várzea, mostrou-se bastante tendenciosa, conforme pode-se observar na Figura 42 do Apêndice, fato este comprovado pelo teste de troca de sinais (P.C.). Em consequência, esta equação foi eliminada das comparações subseqüentes.

As equações 7 e 16 novamente, foram as que apresentaram o melhor conjunto quanto aos elementos de precisão, respectivamente, para o grupo das aritméticas e das logarítmicas. Suas distribuições residuais podem ser analisadas nas Figuras 8 e 9, enquanto que as distribuições residuais das equações 1, 11, 12 e 17 constam respectivamente, das Figuras 41, 43, 44 e 45, do Apêndice.

A melhor equação entre todas as 19 testadas foi a 16, com um erro bastante baixo ( $S_{yx} = 3,06\%$ ), mostrando-se melhor em todos os aspectos de precisão analisados e com excelente distribuição residual. Seu ajuste pode ser verificado na Figura 10.

Quadro 7 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -21,3472546$ $b_1 = 11,9280785$	0,9389	20,57806	8,27	0,6368	171076,3956	6203,13
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 13,68506825$ $b_1 = 0,73123313$	0,9782	12,27489	4,93	0,9265	60871,88053	18164,90
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 127,692291$ $b_1 = 0,015153333$	0,9383	20,67664	8,31	<0,03E-05	172719,4272	6140,28
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = -20,2802627$ $b_1 = 11,83546403$ $b_2 = 1,84561E-03$	0,9389	20,60308	8,28	0,6368	171068,2908	3094,04
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 0,900544069$ $b_1 = 1,101052075$	0,9388	0,03723	8,57	0,7088	172866,3463	6194,89
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,378618771$ $b_1 = 0,522224185$	0,9922	0,01327	3,06	0,4404	27083,8983	51512,48
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = 0,051890514$ $b_1 = 0,935250076$	0,9798	0,02152	4,96	0,9525	61890,3333	19351,71

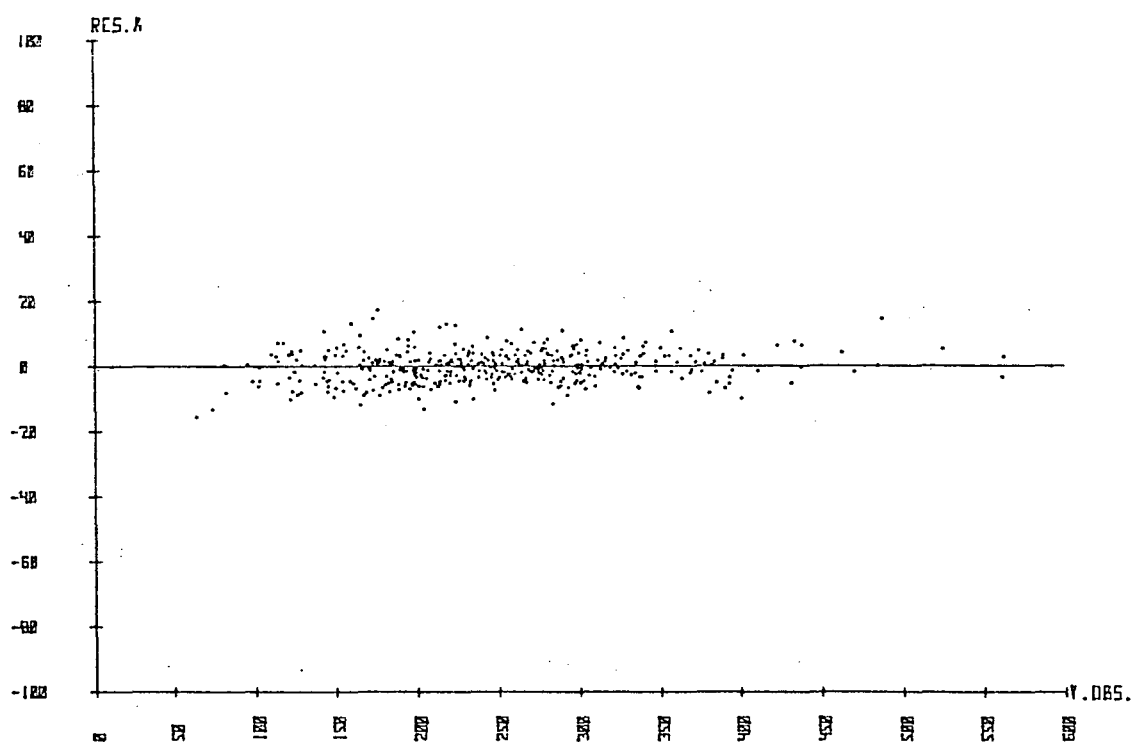


Figura 8 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Terra Firme.

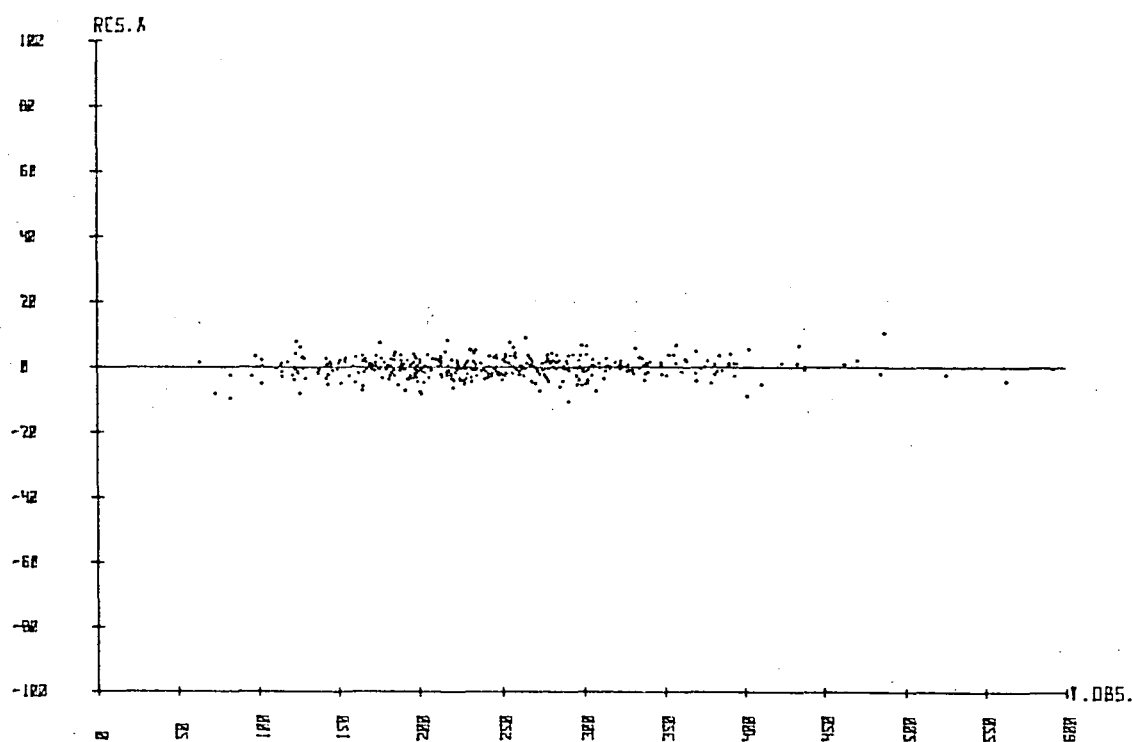


Figura 9 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Terra Firme

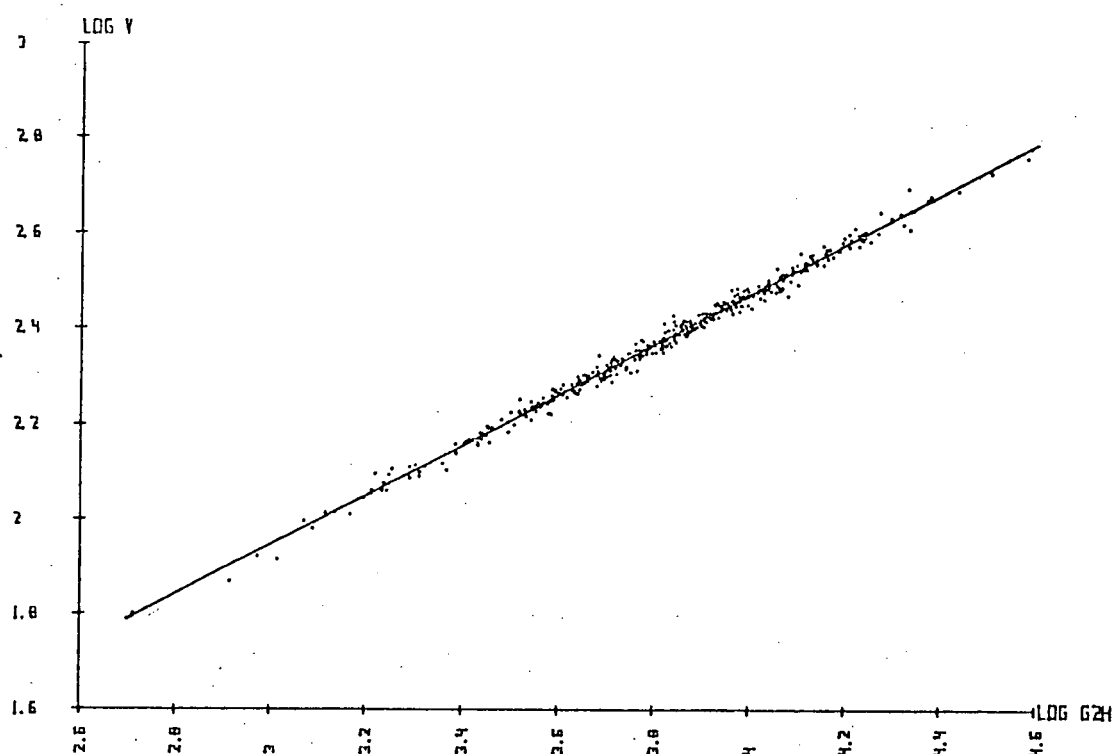


Figura 10 - Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) através da equação 16 - Floresta de Terra Firme.

Os testes evidenciaram que a equação 17 pode ser utilizada com possibilidades de boas estimativas. Por outro lado a equação 1 é a que apresenta maior praticidade de uso com erros a níveis aceitáveis. Ressalta-se que as equações ajustadas aos dados da Floresta de Terra Firme mostraram-se superiores às equações ajustadas para a Várzea com relação ao  $Syx$ , exceto para as equações 10 e 17.

4.2.2.3 Obtenção de modelos pelo processo *Forward* - Os modelos obtidos para a Floresta de Terra Firme, elaborados pelo processo *Forward* constam do Quadro 8 e foi seguida a mesma linha de procedimento citada no item 4.2.1.3.

Quadro 8 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
6a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 13,68506825$ $b_1 = 0,731213313$	0,9782	12,27489	4,93	0,9265	60871,8620	18164,90
7a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$	$b_0 = - 5,38478672$ $b_1 = 0,493965055$ $b_2 = 4,2102043$	0,9922	7,34584	2,95	0,5596	21746,4215	25722,90
8a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$ $+ b_3 N \cdot \bar{d}$	$b_0 = 1,42769403$ $b_1 = 0,502539467$ $b_2 = 4,686301272$ $b_3 = - 0,281636833$	0,9929	7,03539	2,83	0,5199	19897,6688	18707,86
9a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,378618771$ $b_1 = 0,522224185$	0,9922	0,01327	3,06	0,4404	27075,1694	51512,48
10a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$ $+ b_2 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = 0,28331302$ $b_1 = 0,38874987$ $b_2 = 0,24379617$	0,9940	0,01171	2,70	0,7764	21712,1478	33148,97

Conforme mostra o Quadro 6, as variáveis independentes mais correlacionadas com as variáveis dependentes, foram  $G\bar{h}$  e  $\log G^2\bar{h}$  e portanto, os primeiros modelos dos grupos aritméticos e logarítmicos (6a e 9a) citados no Quadro 8 coincidem com os modelos 7 e 16 do Quadro 7

Ao modelo 6a, acrescentou-se a variável independente  $G$ , resultando no modelo 7a e a este, em uma 3.<sup>a</sup> etapa, acrescentou-se o produto  $N.\bar{d}$ , obtendo-se o modelo 8a. A adição destas variáveis apresentou contribuições significativas a um nível de 1% de probabilidade, constatando-se a redução do erro de 4,93% para 2,83%. A distribuição residual do modelo 7a consta na Figura 46 do Apêndice, enquanto que a distribuição do modelo 8a está na Figura 11 e se constituiu no modelo aritmético resultante do processo aplicado para o grupo das aritméticas.

No grupo das logarítmicas a inclusão da 2.<sup>a</sup> variável ao modelo 9a apresentou uma pequena melhora na precisão que mostrou-se ser significativa. Desta forma chegou-se ao modelo 10a como sendo o selecionado pelo citado processo ao grupo das logarítmicas e, destacando-se como o melhor entre todos aqueles estudados para estimar o volume por ha da Floresta de Terra Firme, conforme demonstraram os estimadores de precisão e a sua excelente distribuição residual que pode ser verificada na Figura 12.

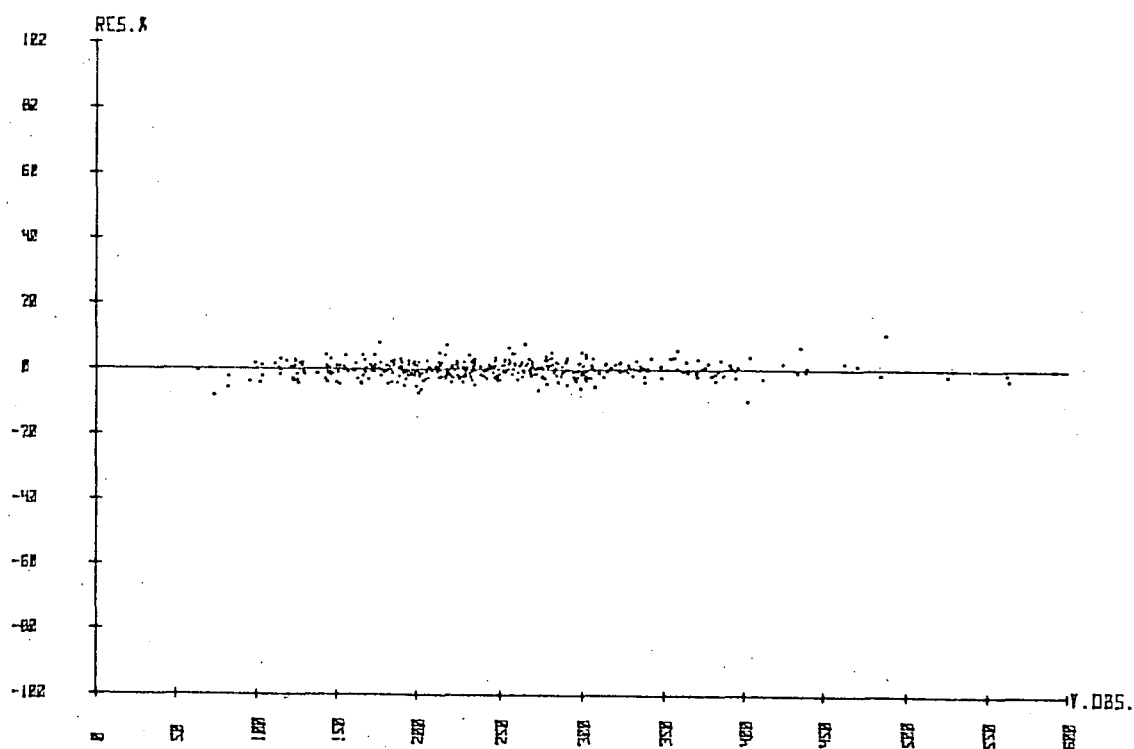


Figura 11 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 8a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Terra Firme.

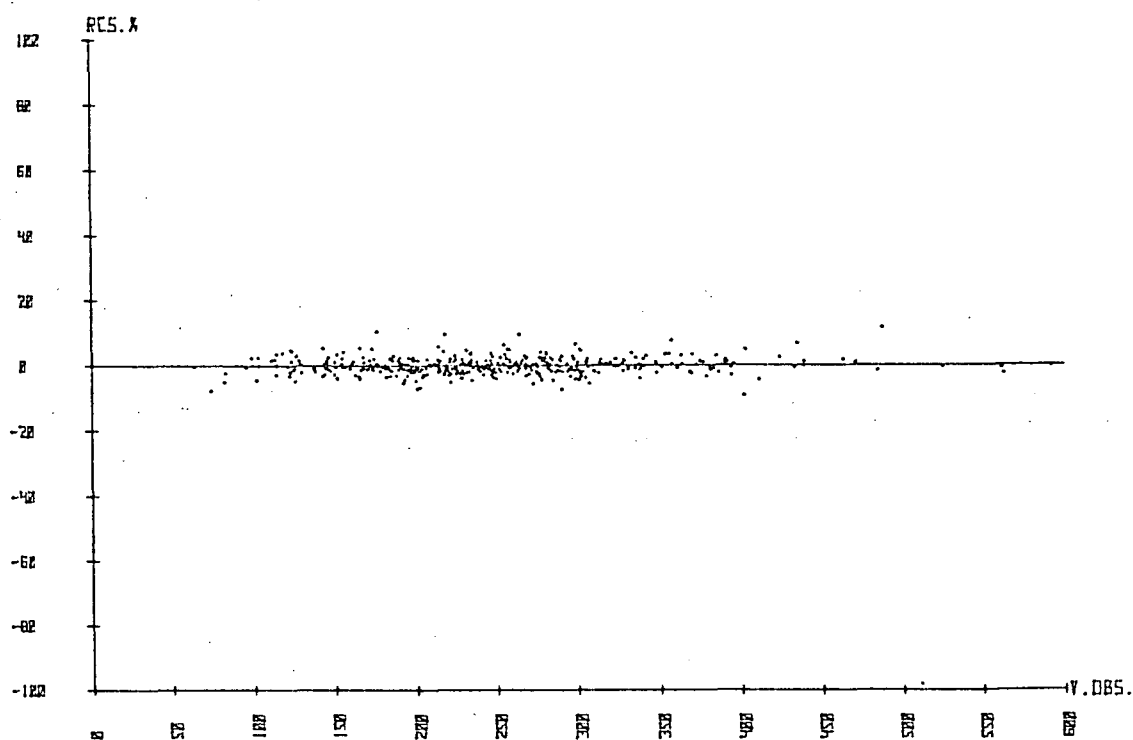


Figura 12 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 10a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Terra Firme.



#### 4.2.3 AGRUPAMENTO DOS DADOS DA FLORESTA DE VÁRZEA E DE TERRA FIRME

4.2.3.1 Modelos pré-selecionados na literatura - Tendo-se as equações ajustadas para a Floresta de Várzea e para a de Terra Firme, procedeu-se estudos procurando-se verificar a possibilidade de agrupamento dos dados e conseqüentemente ajustar uma única equação para ambas as florestas.

Para tanto, aplicou-se a análise de covariância (ANACOVA) seguindo-se o procedimento de Snedecor conforme mencionado na metodologia, apenas para a melhor equação de cada grupo (aritméticas e logarítmicas).

Nestes grupos, os modelos selecionados para as duas tipologias estudadas, coincidentemente, foram o 7 para as aritméticas e o 16 para as logarítmicas, possibilitando em conseqüência, a análise de covariância que é aplicável somente a modelos iguais.

No teste de paralelismo dos modelos 7, ajustados para cada floresta, obteve-se significância para o F a um nível de 5% de probabilidade, constatando-se que as equações analisadas não apresentavam superfícies paralelas e portanto, os dados das duas florestas não deviam ser agrupados segundo a ANACOVA do Quadro 9. Resultados idênticos obteve-se no Quadro 10 para o modelo 16, o que vale dizer que as duas florestas devam ser representadas por equações distintas, logicamente com relação aos modelos estudados. Outros modelos podem, perfeitamente, resultar em outra resposta.

Apesar das indicações deste teste, resolveu-se agrupar os dados e ajustar as melhores equações obtidas para ca-

da floresta, visando principalmente, uma comprovação definitiva da validade da análise de covariância para o conjunto de dados em estudo.

Os resultados obtidos para esses modelos constam do Quadro 11 que mostra a equação 10 e a 12, tendenciosas, a primeira, como já ocorrera quando os dados não tinham sido agrupados. A comprovação gráfica dessas tendenciosidades podem ser observadas nas Figuras 48 e 50 do Apêndice, respectivamente.

Analizando-se o conjunto de resultados das demais equações com aqueles verificados anteriormente para cada floresta, constatou-se que houve um pequeno acréscimo no  $Syx\%$  em relação à Floresta de Terra Firme e um erro menor com respeito à Várzea, ficando o agrupamento em termos de erros, em um ponto intermediário, fato este considerado normal pois deve resultar uma curva média, quando agrupa-se os dados.

No aspecto geral, o agrupamento apresentou bons resultados, indicando que com exceção dos modelos 10 e 12, os demais apresentam perspectivas de fornecerem boas estimativas. Aqueles modelos em que se aplicou a ANACOVA, ou seja, ao melhor aritmético (7) e ao melhor logarítmico (16), apesar deste teste indicar que os dados não deviam ser agrupados, resultaram novamente, como os melhores no contexto global e portanto, resolveu-se plotar o ajustamento desses modelos e verificar se realmente, suas inclinações não eram comuns. Estes ajustamentos podem ser observados nas Figuras 13 e 14, respectivamente, para os modelos 7 e 16.

Quadro 9 - Análise de covariância para o teste de paralelismo da equação 7, ajustada para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras.

FLORESTA	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	S.Q. RESID.	Q.M. RESID.	F
Várzea	69	1,45219013	2,83014180	5,61409257	68	0,0254764611	-	-
Terra Firme	405	9,14673168	17,37865826	33,27815533	404	0,0711757158	-	-
Total					472	0,0966521769	0,0002047716	
Diferença para o teste de paralelismo					1	0,0015754867	0,0015754867	7,694*
-	474	10,59892181	20,20880006	38,89224790	473	0,0982276636	-	-

Quadro 10 - Análise de covariância para o teste de paralelismo da equação 16, ajustada para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras.

FLORESTA	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	S.Q. RESID.	Q.M. RESID.	F
Várzea	69	500193,9987	638232,6649	834661,2524	68	12162,55680	-	-
Terra Firme	405	2797831,0150	3743037,9170	5118941,1640	404	60871,86689	-	-
Total					472	73034,42369	154,7339485	-
Diferença para o teste de paralelismo					1	802,85129	802,8512900	5,188*
-	474	3298025,0140	4381270,5820	5953602,4160	473	73837,27498	156,1041754	-

Quadro 11 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea e Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -12,31131855$ $b_1 = 11,40220758$	0,9172	24,04796	9,58	0,0778	274116,3282	5248,59
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 12,90831423$ $b_1 = 0,736547238$	0,9770	12,68519	5,06	0,7995	76273,26685	20092,25
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 127,9235556$ $b_1 = 0,015032427$	0,9412	20,26925	8,08	<0,03E-05	194739,4367	7581,15
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = -12,5948148$ $b_1 = 11,42659267$ $b_2 = -4,80154E-04$	0,9172	24,07334	9,59	0,0548	274115,6824	2618,76
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 0,943581874$ $b_1 = 1,065766289$	0,9262	0,04069	9,37	0,0384	275927,0140	5950,75
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,39091582$ $b_1 = 0,518635886$	0,9903	0,01479	3,41	0,0823	39837,3053	48176,57
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = 0,038492387$ $b_1 = 0,941192325$	0,9791	0,02165	4,99	0,8186	76825,0256	22211,30

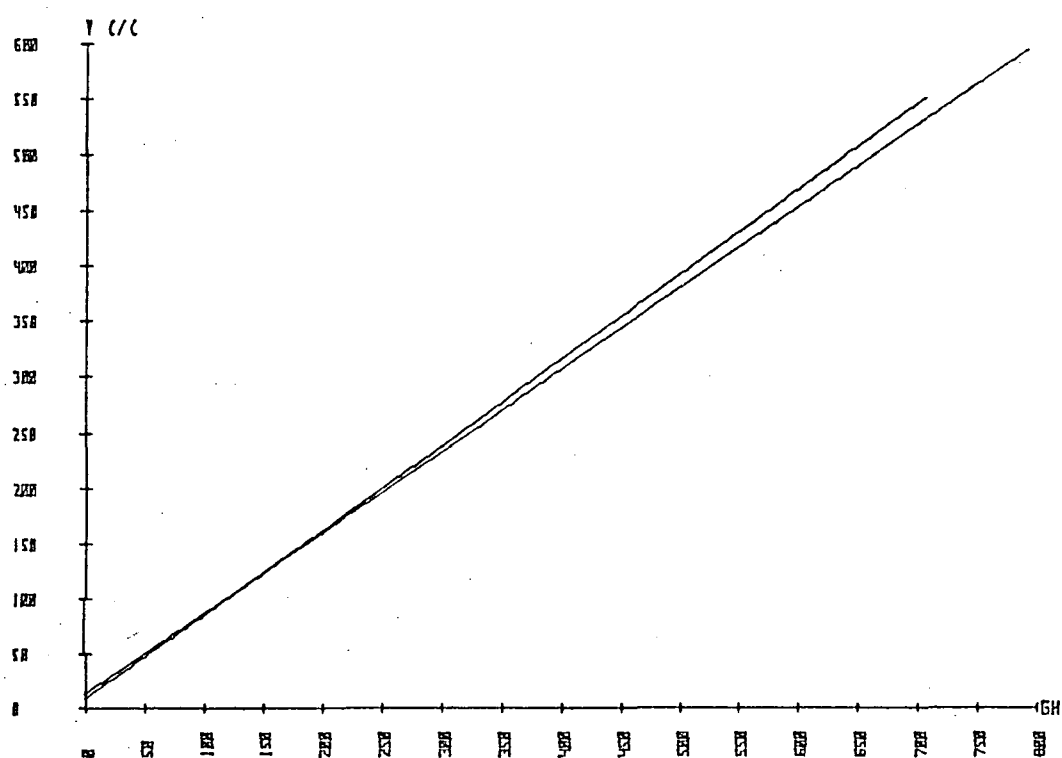


Figura 13 - Ajustamentos da equação 7 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com todas espécies, exceto as Palmeiras.

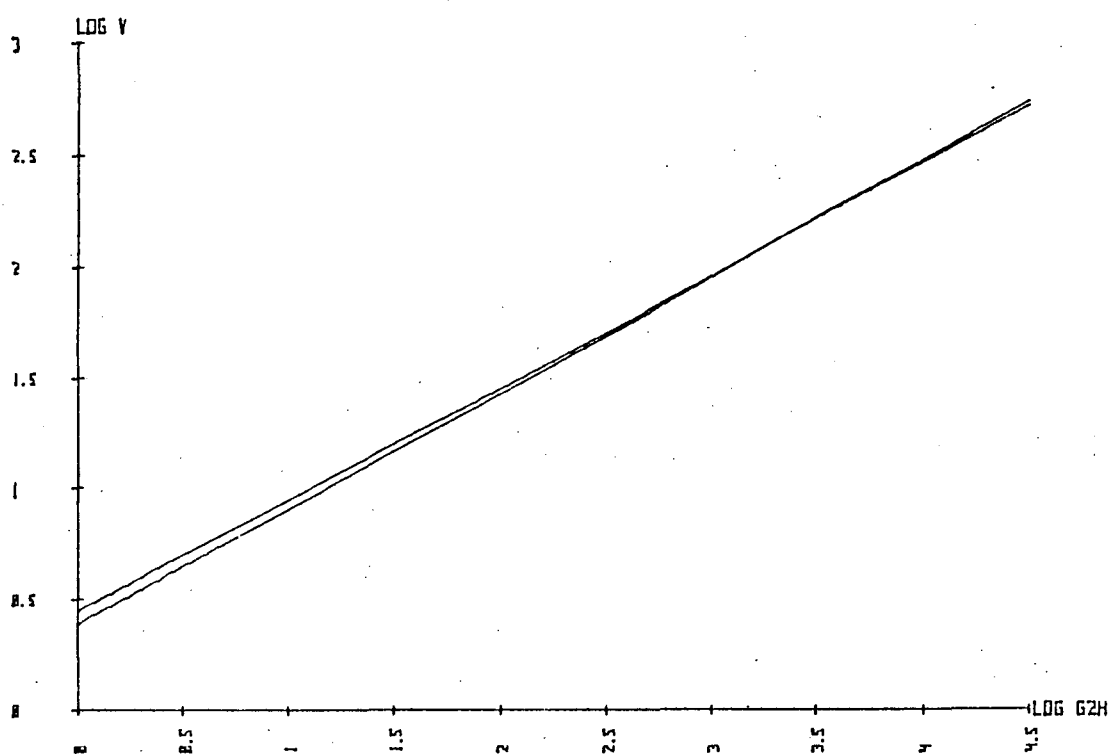


Figura 14 - Ajustamentos da equação 16 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com todas espécies, exceto as Palmeiras.

Comprova-se nessas figuras o que se obteve na ANACOVA para o paralelismo. Realmente, observa-se que a partir de estimativas de volumes maiores que  $300 \text{ m}^3/\text{ha}$ , as equações não apresentam superfícies paralelas, havendo um distanciamento gradativo do traçado para as equações representantes de cada Floresta. Este traçado não paralelo dessas equações, provavelmente é devido ao menor número de amostras oriundas da Várzea e também pela maior freqüência de observações de Terra Firme nas classes maiores. Fica claro também, que as equações têm interceptos diferentes.

Apesar das diferenças significativas entre as inclinações das equações analisadas, conforme indicam as ANACOVAs, comprovadas pelos gráficos das Figuras 13 e 14, o agrupamento dos dados de uma maneira geral, apresentou bons resultados, mostrando que, excetuando-se os modelos 10 e 12, todos os demais podem ser utilizados normalmente. No entanto, há possibilidades de resultarem em maiores erros nas observações obtidas na Floresta de Várzea, quando estas forem superiores a  $300 \text{ m}^3/\text{ha}$ , o que é muito pouco freqüente ocorrer.

A equação 16 oriunda dos dados agrupados teve um valor de Probabilidade Cumulativa muito próximo do limite que é 0,05. No entanto, a análise gráfica dos resíduos dessa equação tem uma boa distribuição e a comprovação analítica mesmo muito próxima ao limite, indica que a distribuição de mudanças de sinais dos resíduos ocorreram de forma aleatória ou ao acaso e portanto, sem tendências.

Este fato demonstra que na escolha do melhor modelo, a Probabilidade Cumulativa (P.C.) não deve ser utilizada como fator decisivo em uma seleção, ou seja, não é recomendã-

vel atribuir peso maior àquela equação que tenha Probabilidade Cumulativa mais próxima de 1. Nos resultados obtidos neste trabalho, em várias ocasiões isto pode ser comprovado. Equações com melhores conjuntos de estimadores de precisão apresentaram muitas vezes, menores valores de Probabilidade Cumulativa que outras equações com precisões gerais inferiores.

Face ao que se apresentou e discutiu, verificou-se que os testes de ANACOVA, apesar de significantes para os modelos comparados, não deve ser o único fator a ser analisado para viabilizar o agrupamento de dados.

As equações oriundas dos dados agrupados, portanto, podem ser recomendadas para representar toda a população florestal estudada, principalmente pela praticidade que redundará na execução de um levantamento florestal, visto que nem sempre é possível delimitar com segurança os estratos por ocasião da amostragem de campo.

A distribuição residual das equações 7 e 16 constam das Figuras 15 e 16 enquanto que as equações 1, 11 e 17 estão nas Figuras 47, 49 e 51 do Apêndice, respectivamente.

4.2.3.2 Modelos selecionados pelo processo *Forward* – Os modelos resultantes do processo em questão, têm mais de uma variável independente e portanto, a metodologia de ANACOVA desenvolvida por Snedecor não pode ser aplicada, optando-se pelo procedimento recomendado por KOZAK<sup>21</sup> para os testes de paralelismo e nível de interseção, em regressões múltiplas.

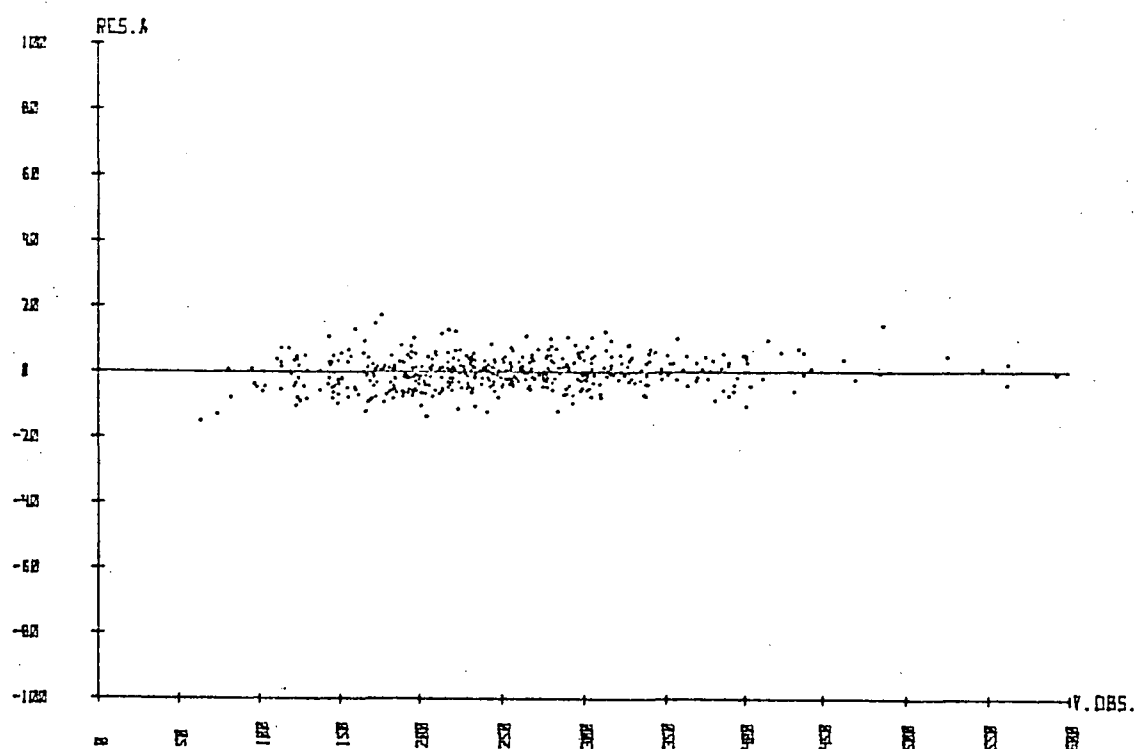


Figura 15 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

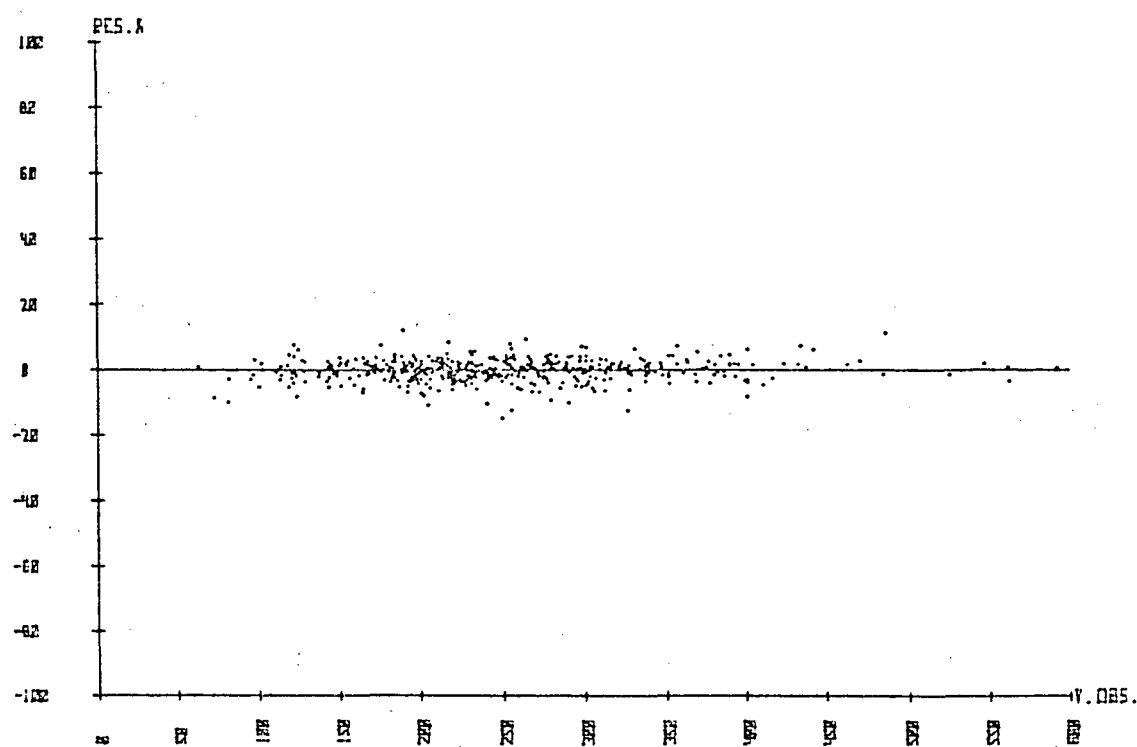


Figura 16 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.



Deve-se salientar, que os primeiros modelos obtidos pelo processo *Forward* 1a, 4a, 6a e 9a são iguais ao 7 e 16 já analisados quanto a esta problemática pela ANACOVA, onde constatou-se que os mesmos não tinham superfícies paralelas.

Quase sempre, os modelos selecionados para a Floresta de Várzea não coincidiram com aqueles escolhidos para Terra Firme, eliminando-se a possibilidade de compará-los, uma vez que a metodologia desenvolvida por KOZAK<sup>21</sup> também não se aplica a modelos diferentes.

Por isto, os modelos logarítmicos elaborados pelo processo *Forward* não puderam ser comparados, por terem variáveis independentes diferentes. Por outro lado, nas aritméticas a melhor equação da Floresta de Várzea (2a) coincidiu com a segunda melhor para Terra Firme (7a) o que permitiu verificar a possibilidade de se obter uma única equação para representar ambas as tipologias florestais.

Os resultados do teste de paralelismo constam do Quadro 12 onde detectou-se que as superfícies descritas pelas duas equações analisadas, apresentam inclinações com diferenças significativas, ou seja, não são paralelas e por conseguinte, esse modelo não deve ser ajustado com os dados das duas tipologias agrupadas.

Independentemente a esta constatação, resolveu-se agrupar os dados e inserir no programa *Forward* as mesmas variáveis utilizadas nos casos anteriores, seguindo-se a mesma linha de procedimentos adotada aos dados não agrupados, visando com isto, observar a precisão e tendências dos modelos elaborados por esse processo.

Quadro 12 - Análise de variância para o teste de paralelismo das Equações 2a e 7a, ajustadas para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando todas as espécies, exceto as Palmeiras - processo *Forward*.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Resíduos para modelos com mesma inclinação	472	27188,17944	-	-
Resíduos para modelos sem restrição	470	25980,01075	55,276619	-
Diferença	2	1208,16869	604,084345	10,9284*

O Quadro 13 contém os resultados obtidos com o agrupamento dos dados. Observa-se que há uma composição muito boa dos elementos que estimam a precisão com erros médios inferiores aos obtidos para a Floresta de Várzea e um pouco superiores, no geral, àqueles de Terra Firme.

O modelo estudado quanto à possibilidade de ser agrupado e que resultou inviável, visto que as superfícies não eram paralelas, foi agrupado e os resultados obtidos no geral foram excelentes, demonstrando que a inclinação diferente detectada, provavelmente é pequena e nas classes superiores, conforme ficou também evidenciado nos modelos pré-selecionados.

Quadro 13 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea e Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
11a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 12,90831423$ $b_1 = 0,736547238$	0,9770	12,68519	5,06	0,7995	76273,2669	20092,25
12a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$	$b_0 = -3,628825$ $b_1 = 0,522561609$ $b_2 = 3,711606925$	0,9917	7,63096	3,04	0,3264	27543,5439	28179,34
13a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G + b_3 N \bar{d}$	$b_0 = 2,62287395$ $b_1 = 0,523271865$ $b_2 = 4,363274631$ $b_3 = -0,292822248$	0,9920	7,26095	2,89	0,7794	24884,4992	20766,46
14a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,39091582$ $b_1 = 0,518635886$	0,9903	0,01479	3,41	0,0823	39842,5358	48176,57
15a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = 0,26321782$ $b_1 = 0,35429842$ $b_2 = 0,30468706$	0,9934	0,01214	2,80	0,3409	27002,1837	35848,73
16a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G \bar{h} + b_3 \log N \bar{d}$	$\log b_0 = 0,32702414$ $b_1 = 0,40849778$ $b_3 = 0,25298156$ $b_4 = -0,0770529$	0,9940	0,01167	2,69	0,4325	24805,1806	25899,27

Portanto, os resultados gerais obtidos mostram que todas as equações do Quadro 13 podem ser utilizados proporcionando boas estimativas e sem tendências, destacando-se o modelo 13a, no grupo das aritméticas e o 16a no grupo das logarítmicas, cujas distribuições residuais podem ser observadas nas Figuras 17 e 18, respectivamente. Os gráficos dos resíduos das equações 12a e 15a estão no Apêndice, nas Figuras 52 e 53, respectivamente.

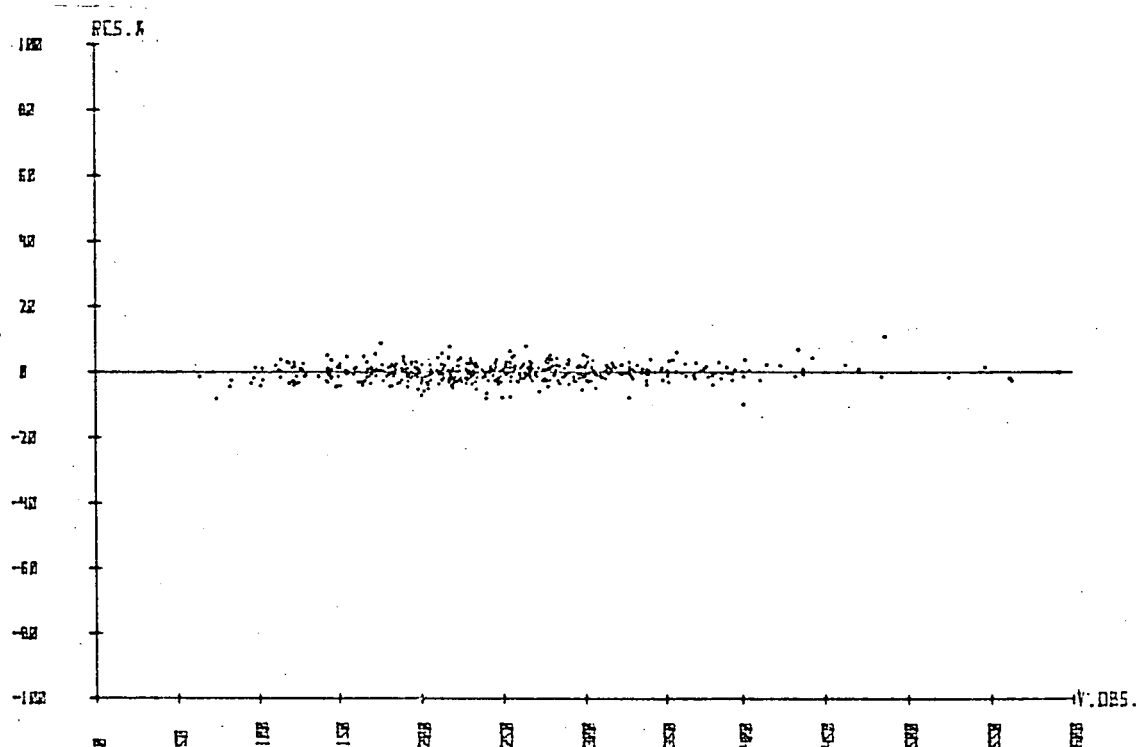


Figura 17 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 13a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

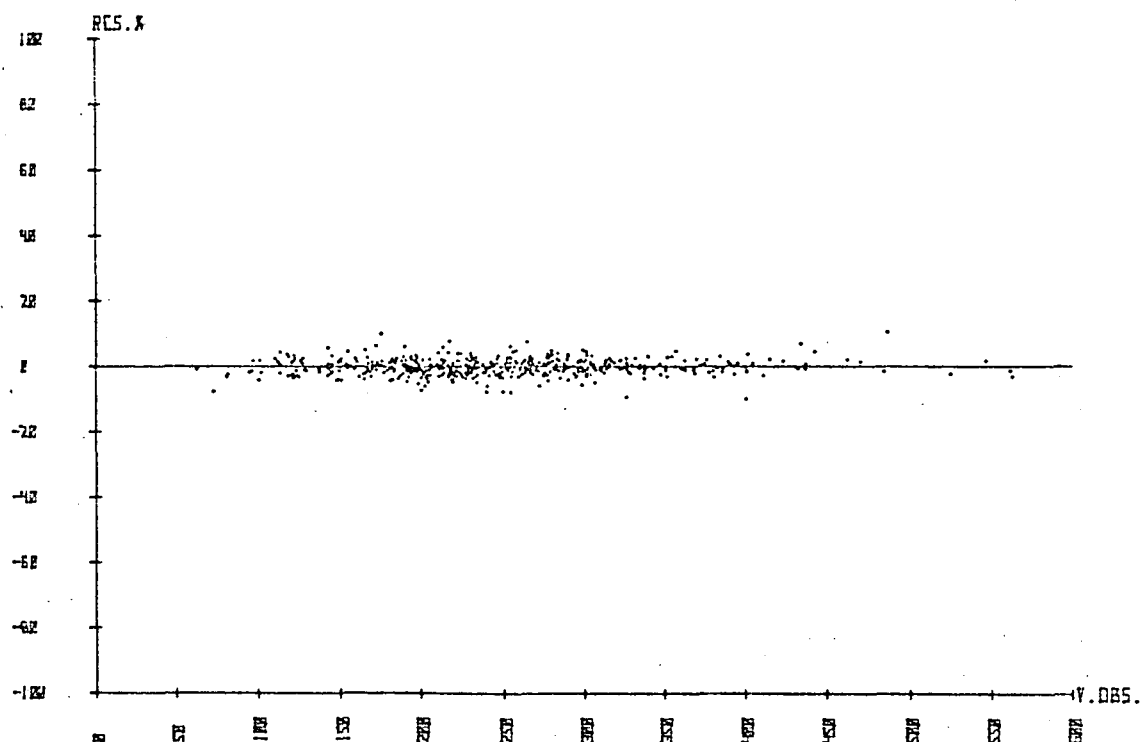


Figura 18 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 16a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

#### 4.3 RESULTADOS PARA AS ESPÉCIES COM IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

##### 4.3.1 FLORESTA DE VÁRZEA

4.3.1.1 Correlação Linear Simples - Quando estudou-se apenas um grupo de espécies consideradas importantes economicamente, a correlação linear simples entre todas as variáveis testadas nessa pesquisa sofreu ligeiras melhoras em relação aos resultados obtidos para todas as espécies, como se pode ver no Quadro 31 do Apêndice. Estes resultados demonstraram a existência de um melhor relacionamento entre as variáveis desse grupo de espécies do que quando se tem todas as espécies amostradas.

O Quadro 14 mostra as três mais altas correlações das aritméticas e das logarítmicas, ressaltando-se que novamente, o mesmo elenco de variáveis independentes apresentaram-se melhores e com índices mais elevados do que nos casos anteriores, exceto no caso da variável combinada  $G^2\bar{h}$ .

Quadro 14 - Variáveis com mais alto grau de Correlação Linear Simples, com a(s) variável(is) dependente(s), englobando as espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea.

VARIÁVEIS DEPENDENTES	VARIÁVEIS INDEPENDENTES					
	$G^2\bar{h}$	$G\bar{h}$	G	$\log G^2\bar{h}$	$\log G\bar{h}$	$\log G$
Volume (V)	0,9552	0,9896	0,9564	-	-	-
$\log V$	-	-	-	0,9960	0,9930	0,9759

#### 4.3.1.2 Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados

O Quadro 32 do Apêndice apresenta os resultados obtidos para os 19 modelos pré-selecionados, cujos erros oscilaram de 4,98% a 62,70%, indicando a ineficiência de alguns modelos para esses dados. Com base nos mesmos critérios adotados anteriormente, foram selecionados 6 modelos, aos quais aplicou-se os testes conforme constam no Quadro 15.

Quadro 15 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTES	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -0,762186763$ $b_1 = 10,60367309$	0,9147	12,30250	15,23	0,7291	10291,9073	728,95
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 2,802147159$ $b_1 = 0,745152055$	0,9793	6,05947	7,50	0,2946	2496,7685	3217,11
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = -6,2870867$ $b_1 = 12,0993232$ $b_2 = -0,081707651$	0,9159	12,30141	15,22	0,8023	10138,7560	365,05
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 0,990583406$ $b_1 = 1,029752742$	0,9523	0,05255	12,10	0,7291	10404,2560	1357,13
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,417401727$ $b_1 = 0,512605249$	0,9919	0,02162	4,98	0,9616	1940,4769	8351,73
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = -0,063116835$ $b_1 = 0,975942099$	0,9860	0,02848	6,56	0,8023	2467,9494	4784,83

Observa-se neste quadro, as mesmas tendências já constatadas nos casos anteriores em que o modelo 7 e o 16 são aqueles que melhor se apresentam nos grupos aritméticos e logarítmicos, respectivamente.

Deve-se salientar, que o modelo 16 é o melhor entre todos, seguindo-se o 17 também do grupo das logarítmicas que apresenta a segunda melhor composição entre todas. Teoricamente, todas as 6 equações podem ser utilizadas uma vez que não são tendenciosas. No entanto as equações 1, 11 e 12, apresentam erros superiores a 12,1% que podem ser considerados altos para as estimativas propostas. A distribuição residual dos modelos 7 e 16 estão nas Figuras 19 e 20, respectivamente, enquanto que para os modelos 1, 11, 12 e 17 constam, respectivamente, das Figuras 54 a 57 do Apêndice. O ajuste da equação 16 é mostrado na Figura 21.



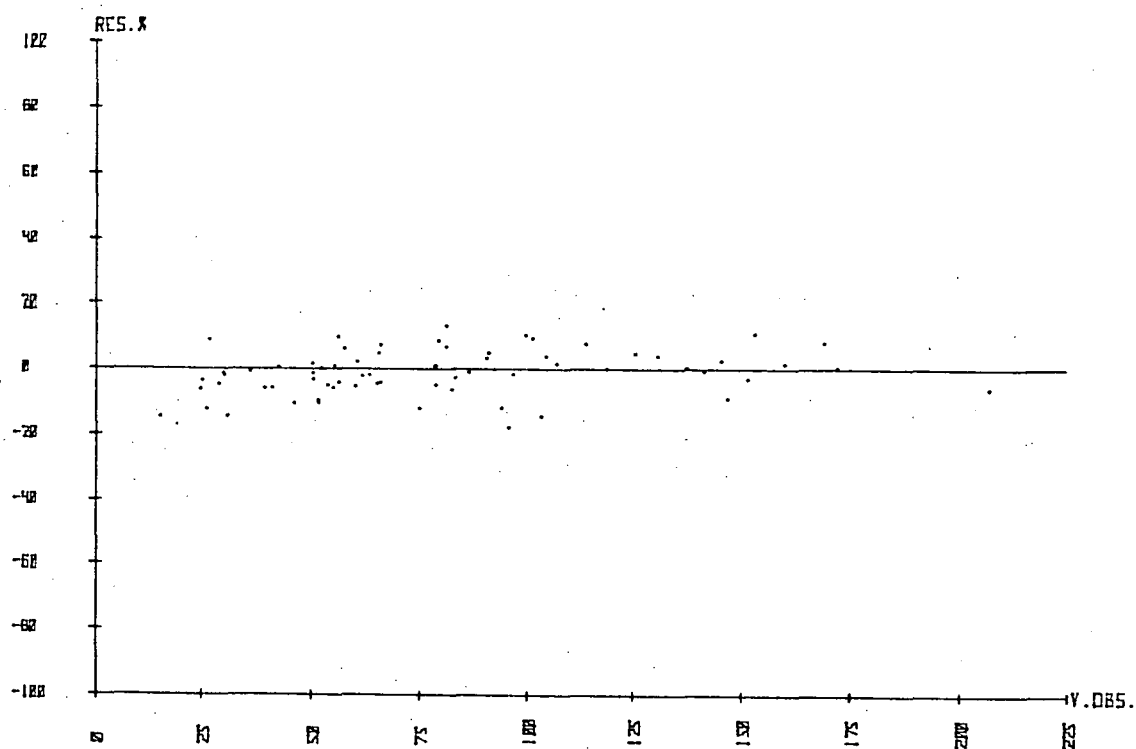


Figura 19 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea.

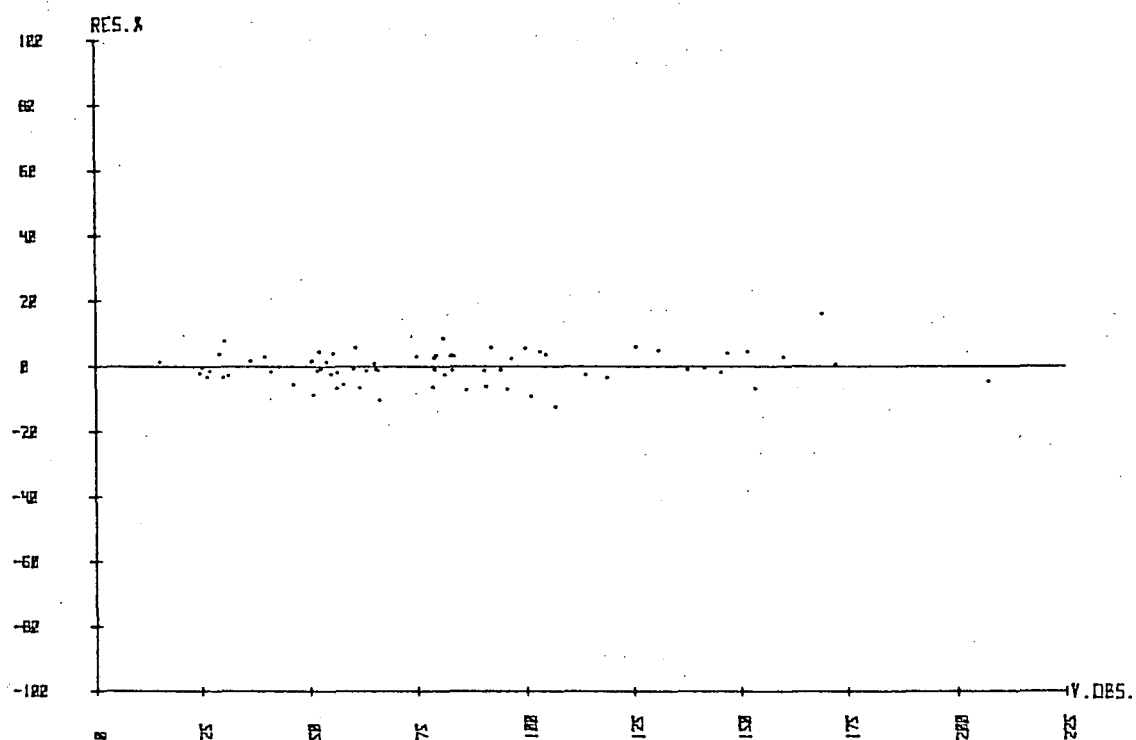


Figura 20 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea.

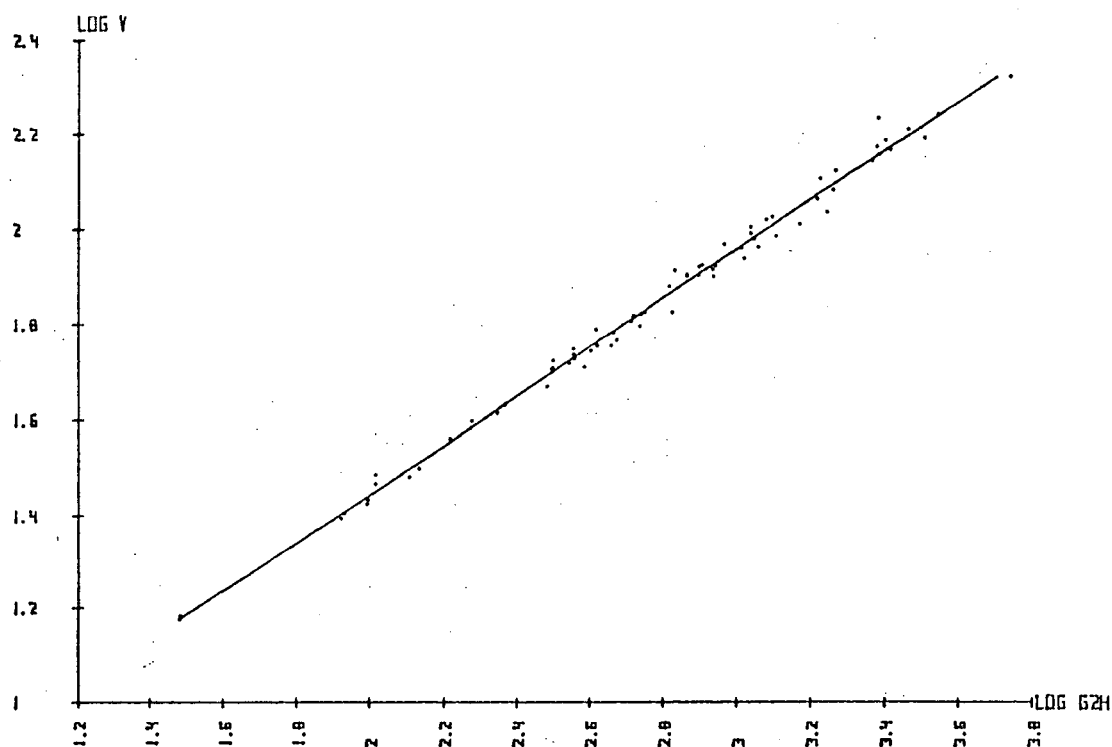


Figura 21 - Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca em  $m^3/ha$ , através da equação 16 - Floresta de Várzea.

4.3.1.3 Obtenção de modelos pelo processo *Forward* - Seguindo-se a mesma seqüência já usada anteriormente aplicou-se o processo em questão cujos resultados estão no Quadro 16. Observa-se que a entrada da 3.<sup>a</sup> variável ao modelo resultou não significativo, tanto para o grupo das aritméticas como para o das logarítmicas.

De qualquer forma os melhores modelos com duas variáveis independentes trouxeram acréscimos significativos à precisão com relação aos modelos pré-selecionados, o que torna válidos os resultados aqui obtidos.

As equações 18a e 21a cujas distribuições residuais podem ser observadas nas Figuras 22 e 23 respectivamente, foram portanto, os modelos elaborados pelo processo *Forward*

Quadro 16 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q.RESID.	F
17a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 2,802147159$ $b_1 = 0,745152055$	0,9793	6,05947	7,50	0,2946	2496,7685	3217,11
18a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$	$b_0 = -0,557534718$ $b_1 = 0,552517700$ $b_2 = 3,058195924$	0,9899	4,25667	5,27	0,9418	1213,9876	3295,01
19a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G + b_3 G^2$	$b_0 = -3,08449899$ $b_1 = 0,550194643$ $b_2 = 3,773764425$ $b_3 = -0,037358506$	0,9902	4,23215	5,24	0,3821	1182,1315	2222,79
20a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,417401727$ $b_1 = 0,512605249$	0,9919	0,02162	4,98	0,9616	1940,4769	8351,73
21a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = 0,23730093$ $b_1 = 0,33037205$ $b_2 = 0,35168926$	0,9946	0,01781	4,10	0,9495	1231,2659	6168,55
22a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G \bar{h} + b_3 \log \bar{d}^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,230054021$ $b_1 = 0,324669089$ $b_2 = 0,364140351$ $b_3 = -5,20437E-03$	0,9946	0,01794	4,13	0,9495	1221,7351	4055,44

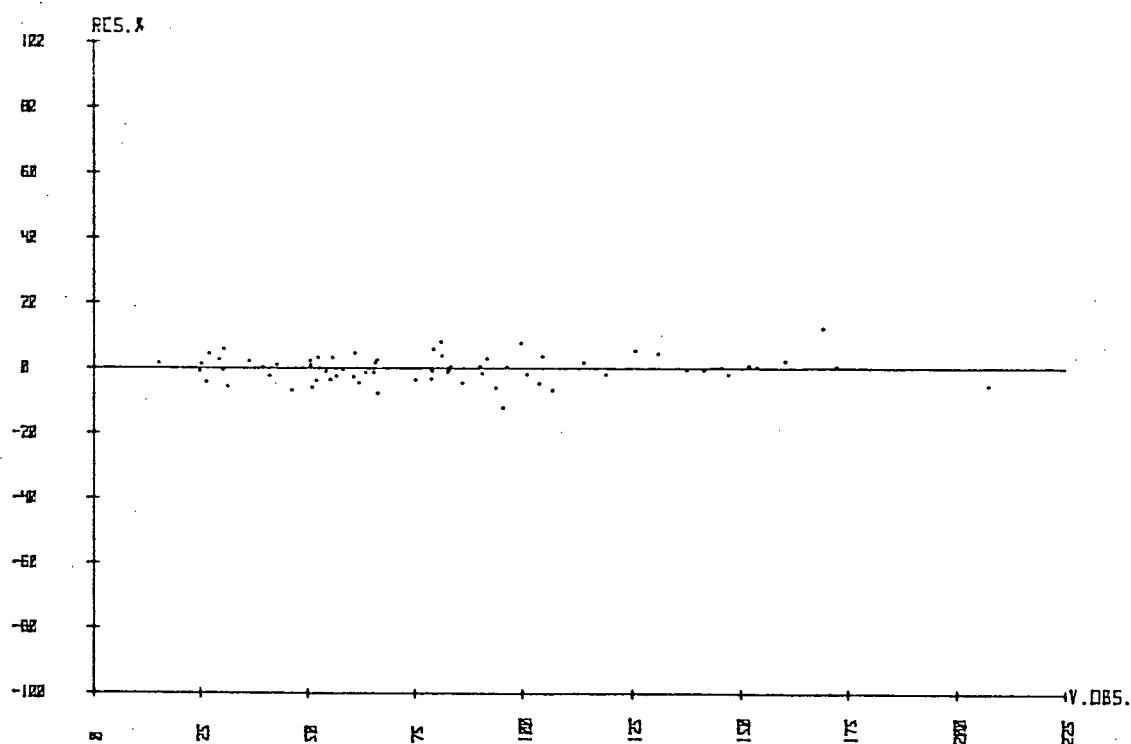


Figura 22 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 18a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea.

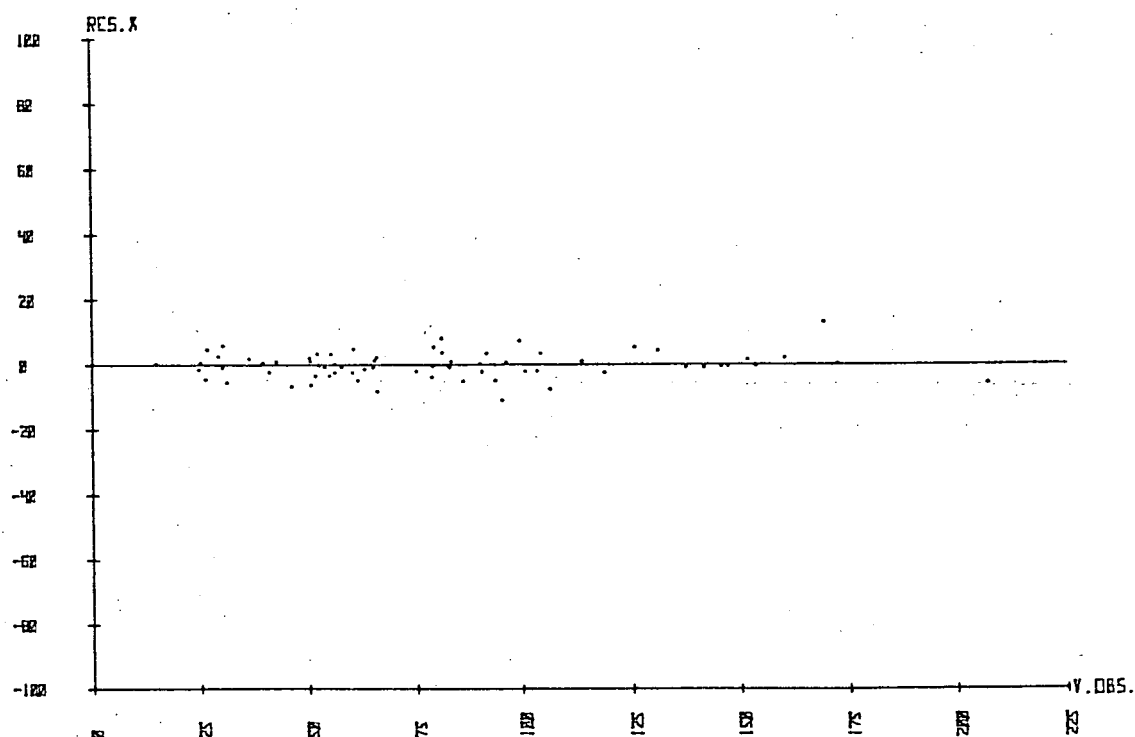


Figura 23 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 21a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea.

para estimar o volume comercial por ha das espécies economicamente importantes da Floresta de Várzea.

#### 4.3.2 FLORESTA DE TERRA FIRME

4.3.2.1 Correlação Linear Simples - O Quadro 33 do Apêndice, apresenta a correlação linear simples entre todas as variáveis envolvidas na pesquisa, constatando-se que nesta tipologia também houveram melhoras nos índices dessa correlação em comparação com aqueles obtidos para todas as espécies, na mesma tipologia florestal. O Quadro 17 mostra aquelas variáveis dependentes mais altamente correlacionadas com as independentes.

Quadro 17 - Variáveis com mais alto grau de correlação Linear Simples, com a(s) variável(is) dependente(s), englobando as espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme

VARIÁVEIS DEPENDENTES	VARIÁVEIS INDEPENDENTES					
	$G^2\bar{h}$	$G\bar{h}$	G	$\log G^2\bar{h}$	$\log G\bar{h}$	$\log G$
Volume (V)	0,9446	0,9913	0,9801	-	-	-
$\log V$	-	-	-	0,9962	0,9926	0,9808

#### 4.3.2.2 Ajustamento e seleção dos modelos pré-selecionados

O Quadro 34 do Apêndice, mostra os resultados obtidos com os testes aplicados aos 19 modelos pré-selecionados, que apresentaram erros de 4,61% até 49,62% constatando-se que a maioria dos modelos, têm erros inferiores àqueles obtidos para a Floresta de Várzea. Certamente isto é devido à quantidade menor de observações nesta floresta, fator também ocorrido com os testes envolvendo todas as espécies. Dessas equações selecionou-se as 6 melhores constantes do Quadro 18 que são analisadas na sequência.

As equações 1 e 11 mostram tendenciosidades na distribuição gráfica dos resíduos que podem ser observados nas Figuras 58 e 59 do Apêndice, fato este comprovado nos resultados de Probabilidade Cumulativa do Quadro 18. Salienta-se que a equação 17 pela Probabilidade Cumulativa está muito próxima do limite de ser considerada tendenciosa. Desaconselha-se seu uso uma vez que analisando-se a Figura 61 do Apêndice, nota-se claramente que a mesma subestima os volumes maiores que  $170 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Destacam-se novamente, os mesmos modelos selecionados para os casos já estudados, ou seja, o 7 e o 16, cujos resíduos podem ser observados nas Figuras 24 e 25, respectivamente. O ajuste do modelo 16 é mostrado na Figura 26, selecionado novamente como o mais eficiente.

Deve-se ressaltar as possibilidades de usos do modelo 12 que apresenta um conjunto geral, bastante aceitável e depende apenas da área basal. Sua distribuição residual está na Figura 60 do Apêndice.

Quadro 18 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q.RESID.	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -4,887767136$ $b_1 = 11,80382472$	0,9605	9,53660	10,55	0,0016	36742,4609	9824,72
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 1,375828003$ $b_1 = 0,750400617$	0,9827	6,31501	6,98	0,1611	16111,2681	22923,05
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = 0,60979059$ $b_1 = 10,56490302$ $b_2 = 0,055632958$	0,9618	9,39493	10,39	0,0409	35570,6705	5068,26
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 1,002358154$ $b_1 = 1,046843970$	0,9619	0,04479	10,31	0,2266	36036,1997	10210,80
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,425931321$ $b_1 = 0,513002898$	0,9924	0,02003	4,61	0,6141	9412,4228	52669,60
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = -0,055930904$ $b_1 = 0,970226460$	0,9853	0,02780	6,40	0,0052	16854,8399	27145,95

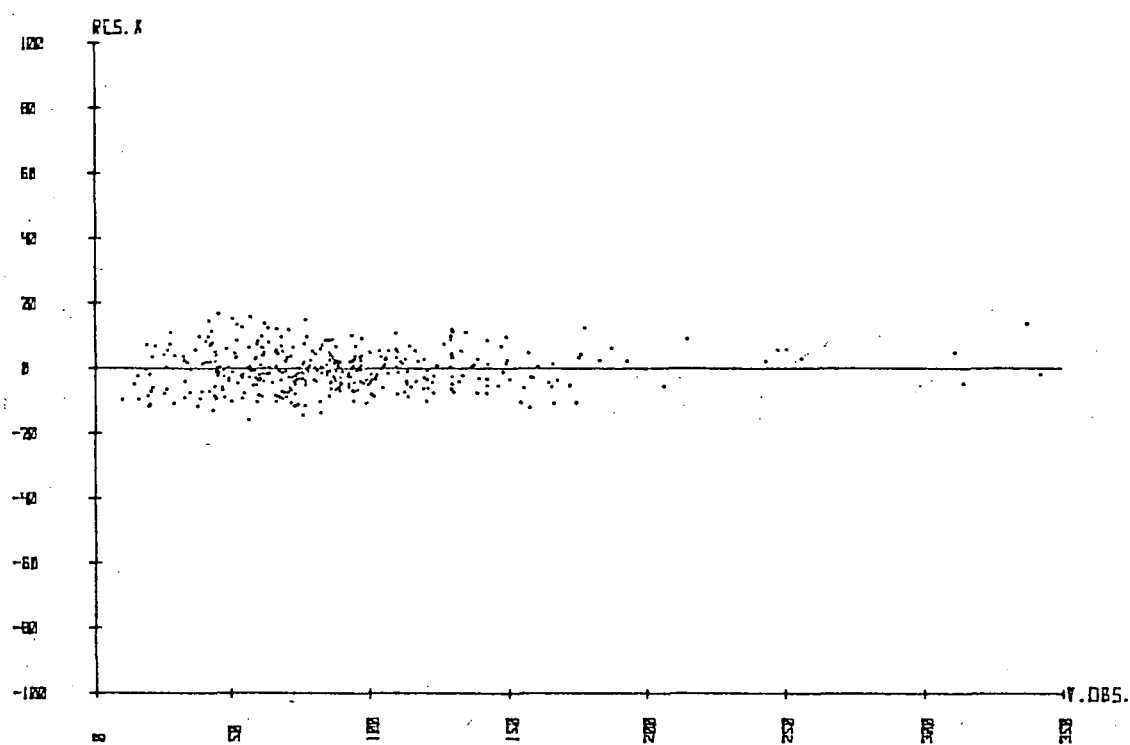


Figura 24 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Terra Firme.

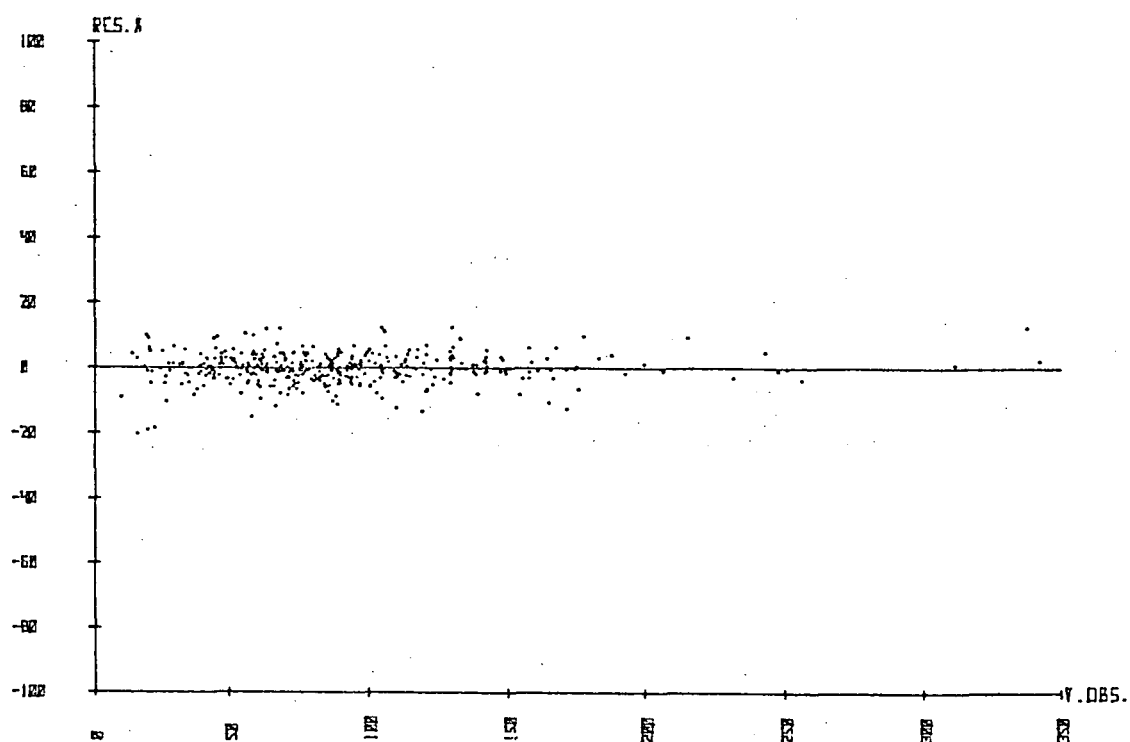


Figura 25 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Terra Firme.



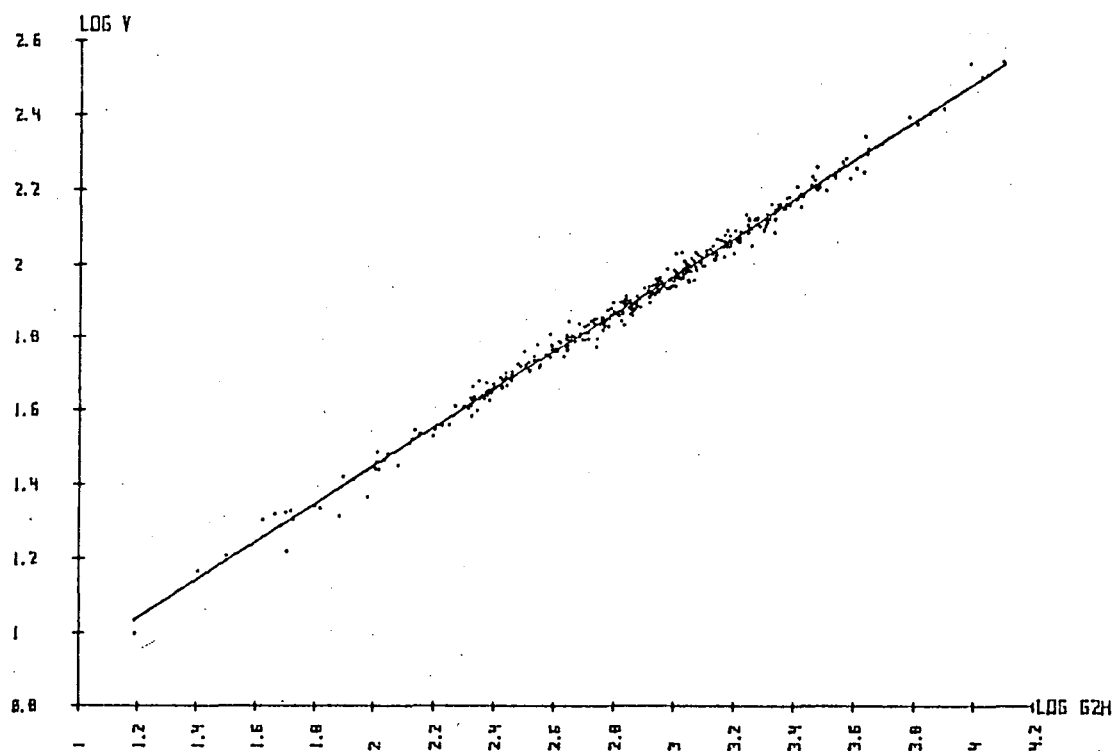


Figura 26 - Ajuste obtido na estimativa do volume comercial com casca em  $\text{m}^3/\text{ha}$ , através da equação 16 - Floresta de Terra Firme.

Constatou-se ainda que são poucas as amostras que apresentaram volumes superiores a  $170 \text{ m}^3/\text{ha}$ , fato este perfeitamente normal e esperado, uma vez que trata-se apenas de um grupo de espécies valiosas. Provavelmente, o pouco número de pontos que se nota acima de  $170 \text{ m}^3/\text{ha}$  é o responsável pela tendenciosidade de metade dos modelos do Quadro 18.

4.3.2.3 Obtenção de modelos pelo processo *Forward* - Os modelos 23a e 26a mostrados no Quadro 19 são os mesmos constantes do Quadro 18 cujos números são respectivamente 7 e 16.

A segunda variável a entrar no modelo 23a do grupo das aritméticas foi a área basal (G), com acréscimo signifi-

Quadro 19 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
23a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 1,375828003$ $b_1 = 0,750400617$	0,9827	6,31501	6,98	0,1611	16111,2681	22923,05
24a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$	$b_0 = -2,263590951$ $b_1 = 0,499882671$ $b_2 = 4,132428314$	0,9909	4,58773	5,07	0,2611	8482,0476	21898,00
25a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G + b_3 N \bar{d}$	$b_0 = -0,070873626$ $b_1 = 0,498674825$ $b_2 = 4,558288567$ $b_3 = -0,244879839$	0,9914	4,45338	4,93	0,3745	7972,7047	15501,34
26a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,425931321$ $b_1 = 0,513002898$	0,9924	0,02003	4,61	0,6141	9431,0983	52669,60
27a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G^2$	$\log b_0 = 0,280051337$ $b_1 = 0,648322727$ $b_2 = -0,141667508$	0,9938	0,01809	4,17	0,3156	8383,4714	32323,42

vo, resultando a equação 24a. À esta equação, a terceira variável a ingressar foi o produto  $N\bar{d}$ , também com ganho de precisão significativa ao nível de 1% de probabilidade. Portanto, nesse grupo, o modelo elaborado pelo processo *Forward* é o 25a, cuja distribuição residual pode ser analisada na Figura 27. Salienta-se a boa composição do modelo 24a que tem sua distribuição residual na Figura 62 do Apêndice.

O modelo 27a com duas variáveis independentes apresentou melhoras significativas na sua precisão e foi então a equação resultante do processo *Forward*, apresentando o melhor conjunto de estimadores de precisão entre todas e uma distribuição residual bastante satisfatória como pode ser observado na Figura 28.

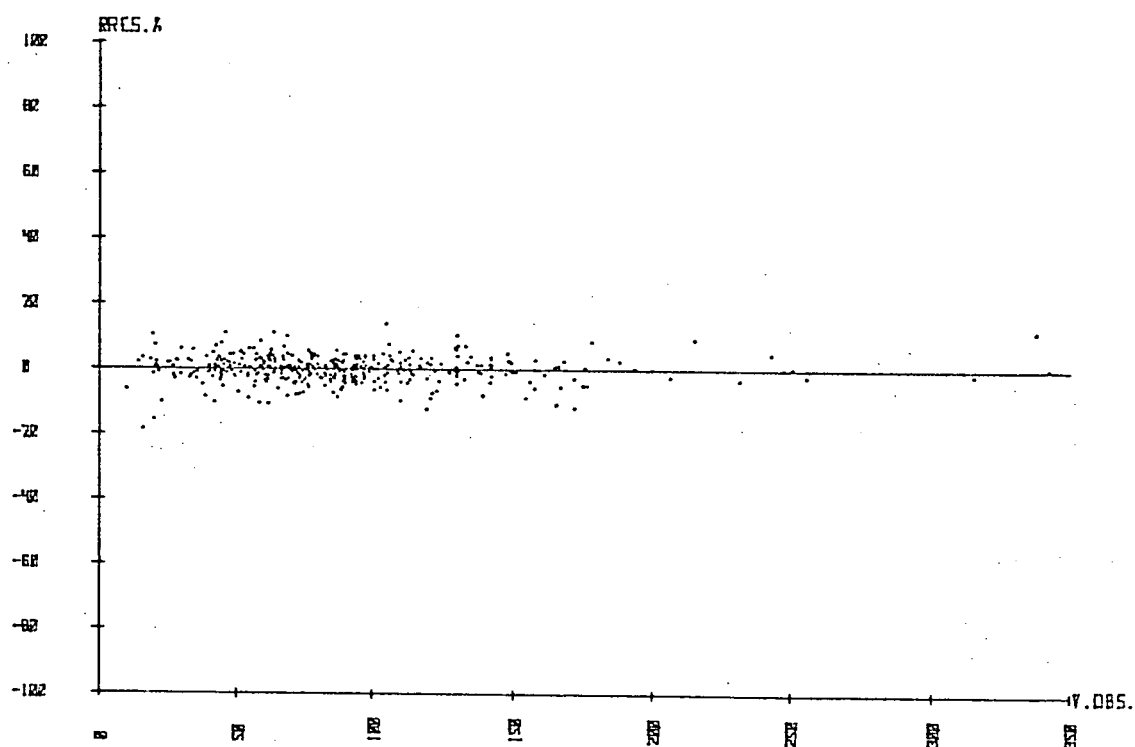


Figura 27 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 25a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Terra Firme.

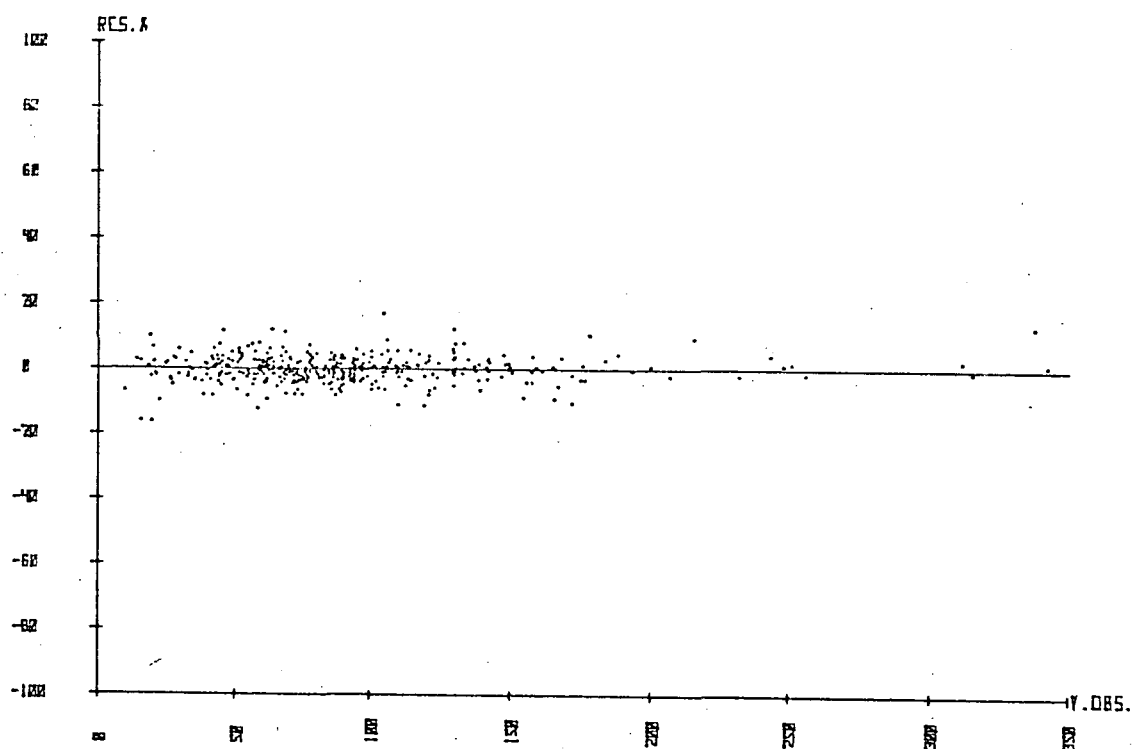


Figura 28 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em porcentagem da equação 27a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Terra Firme.

#### 4.3.3 AGRUPAMENTO DOS DADOS DA FLORESTA DE VÁRZEA E DE TERRA FIRME

4.3.3.1 Modelos pré-selecionados na literatura — De acordo com o exposto no item 4.2.3.1, procedeu-se estudos de ANACOVA visando a obtenção de um modelo capaz de representar as duas tipologias florestais estudadas, na estimativa do volume comercial com casca por ha relativo ao grupo de espécies consideradas valiosas.

Aplicou-se então, inicialmente, o teste de paralelismo as duas melhores equações para a Várzea e para a Terra Firme dos grupos aritméticos e logarítmicos, que neste caso, também foram modelos iguais e coincidentemente, o 7 e o 16.

A aplicação deste primeiro teste demonstrou que os modelos questionados tinham superfícies paralelas ou inclinações sem diferenças significativas. Desta forma, o passo seguinte consistiu em verificar se também tinham interceptos ou nível de interseção iguais. Ao analisar o F dos modelos 7 ajustados a cada floresta, este mostrou-se não significativo, ou seja, essas equações não somente tinham superfícies paralelas, mas também apresentavam mesmo nível de interseção. Estas duas hipóteses sendo aceitas, significa que os dados podem ser agrupados e o modelo 7 ajustado com tais dados, é representativo das duas tipologias.

Por outro lado, ao testar a segunda hipótese ao modelo 16, resultou um F significativo, indicando que as equações têm interceptos diferentes e portanto os dados não podem ser agrupados.

Os testes de ANACOVA para os modelos 7 e 16 estão nos Quadros 20 e 21, respectivamente. Estes resultados foram comprovados, plotando-se o ajustamento nos gráficos das Figuras 29 e 30, onde observa-se que a equação 7 da Várzea e da Terra Firme resultaram em superfícies superpostas, enquanto que a equação 16 dessas duas tipologias têm superfícies paralelas e, apesar da ANACOVA ter indicado que os interceptos são estatisticamente diferentes, graficamente tal diferença é imperceptível, observando-se que as superfícies dessas duas equações, também estão superpostas.

Mesmo com a aplicação destes testes apenas para estes dois modelos, resolveu-se agrupar os dados e ajustar os 6 melhores modelos selecionados, para as duas tipologias e assim ter-se uma idéia mais clara das indicações da ANACOVA.

Quadro 20 – Análise de covariância para os testes de paralelismo e de coincidência da equação 7, ajustada para Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes.

FLORESTA	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	S.Q. RESID.	Q.M. RESID.	F
Várzea	69	120619,9491	158522,2504	212738,1242	68	2496,768468	-	-
Terra Firme	405	930268,1237	1218225,0850	1623432,9480	404	16111,268900	-	-
Total					472	18608,037370	39,42380798	-
Diferença para o teste de paralelismo					1	5,182090	5,18209000	0,1314NS
-	474	1050888,0730	1376747,3350	1836171,0720	473	18613,219460	39,35141535	-
Diferença para o teste de coincidência					1	44,739350	44,73935000	1,1369NS
Agrupado	475	1056400,7320	1384764,0380	1847829,2410	474	18657,958810	-	-

Quadro 21 - Análise de covariância para os testes de paralelismo e de coincidência da equação 16, ajustada para Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes.

FLORESTA	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	S.Q. RESID.	Q.M. RESID.	F
Várzea	69	3,935344262	7,615140995	14,85576069	68	0,0317829713	-	-
Terra Firme	405	21,291967900	41,188640010	80,28929312	404	0,1620762302	-	-
Total					472	0,1938592015	0,0004107186	-
Diferença para o teste de paralelismo					1	0,0000019751	0,0000019751	0,0048 NS
-	474	25,227312160	48,803781010	95,14505381	473	0,1938611766	0,0004098545	-
Diferença para o teste de coincidência					1	0,0055285324	0,0055285324	13,4890 *
Agrupado	474	25,390689400	49,063571730	95,55815303	474	0,1993897090	-	-

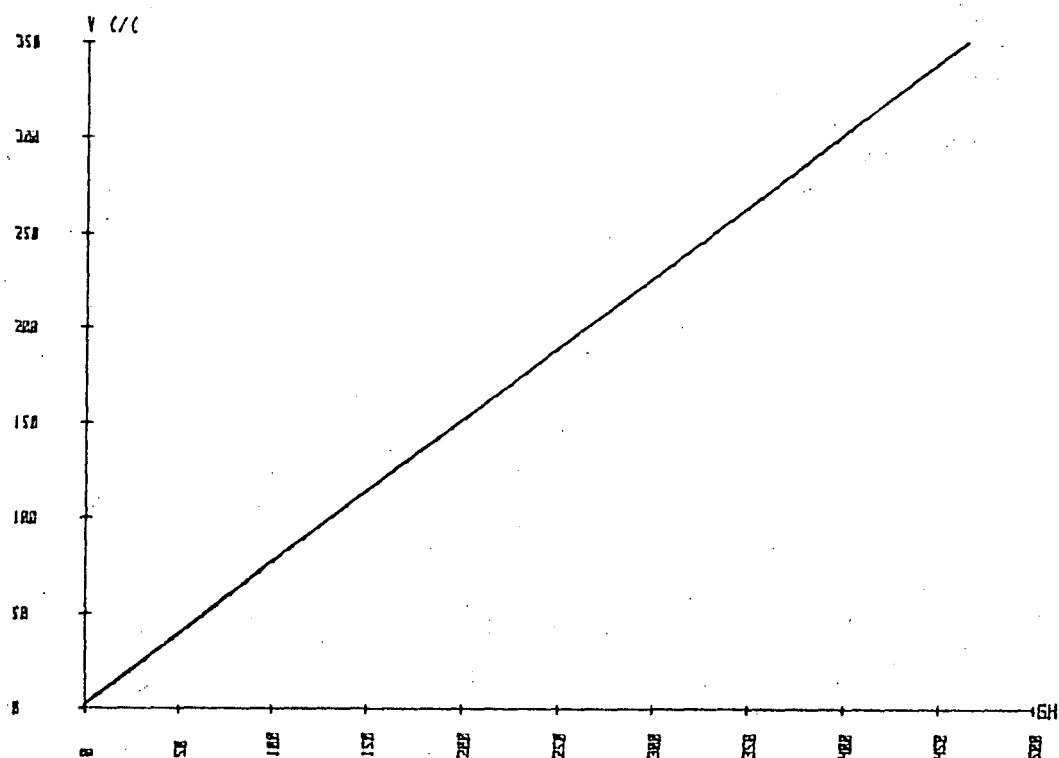


Figura 29 - Ajustamento da equação 7 para a floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com as espécies economicamente importantes.

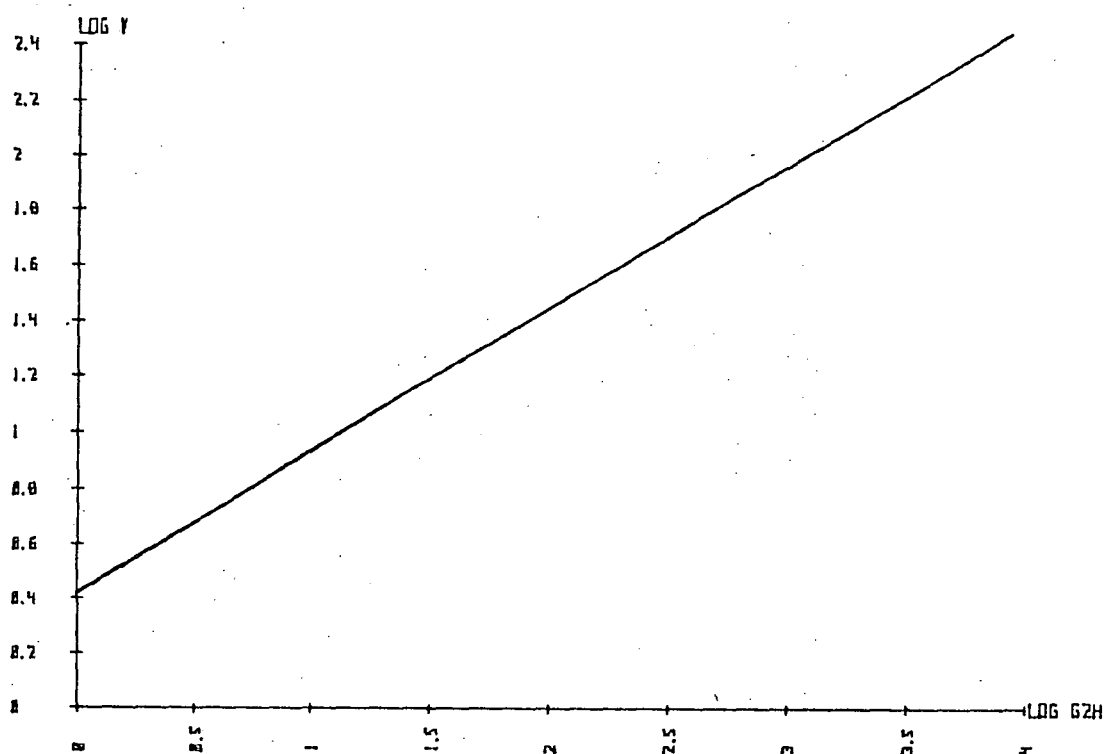


Figura 30 - Ajustamento da equação 16 para a Floresta de Várzea e de Terra Firme para verificação dos resultados obtidos pelo teste de ANACOVA, com as espécies economicamente importantes.



No Quadro 22 constam os resultados desse agrupamento, onde o modelo 7 mostrou-se analiticamente tendencioso, no entanto, analisando-se o gráfico da Figura 31 onde pode ser visto, a distribuição residual, verifica-se que não há vestígios de tendenciosidades. Comparando-se esta figura com a distribuição residual da equação 1, da Figura 63 do Apêndice, poder-se-ia dizer que esta equação realmente teria chances de tendências e nunca a 7. A equação 1, pela probabilidade cumulativa não é tendenciosa.

O modelo 16, cujos testes de ANACOVA indicaram a impossibilidade de agrupamento dos dados, foi o que melhores índices de precisão apresentou, com excelente distribuição residual mostrada na Figura 32. Já a equação 11 realmente é tendenciosa, tanto analiticamente (P.C.), como graficamente, como se pode ver na Figura 64 do Apêndice. Os resíduos das equações 12 e 17 estão respectivamente, nas Figuras 65 e 66, do Apêndice.

Quadro 22 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos melhores modelos para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -4,489236351$ $b_1 = 11,66045750$	0,9528	10,25543	11,52	0,2207	49852,4292	9570,32
7	$V = b_0 + b_1 G h$	$b_0 = 1,621403853$ $b_1 = 0,749400435$	0,9823	6,27398	7,05	0,0189	18657,9589	26363,55
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = 0,76698077$ $b_1 = 10,45094344$ $b_2 = 0,055630566$	0,9540	10,13318	11,39	0,0301	48568,3008	4907,57
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 0,999355445$ $b_1 = 1,045883232$	0,9591	0,04683	10,78	0,2177	49128,9161	11103,92
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 h$	$\log b_0 = 0,423257783$ $b_1 = 0,513442026$	0,9921	0,02051	4,72	0,8365	11614,0134	59886,11
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G h$	$\log b_0 = -0,056053717$ $b_1 = 0,970580917$	0,9855	0,02788	6,42	0,0281	19268,0064	32189,35

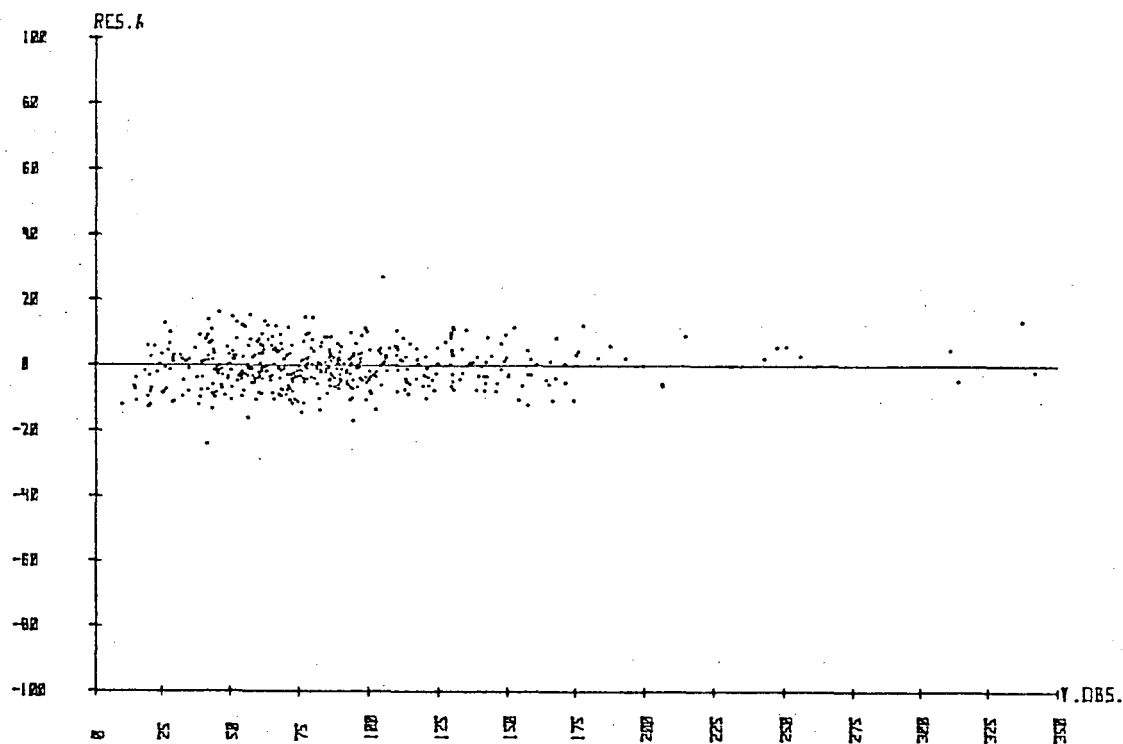


Figura 31 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 7 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

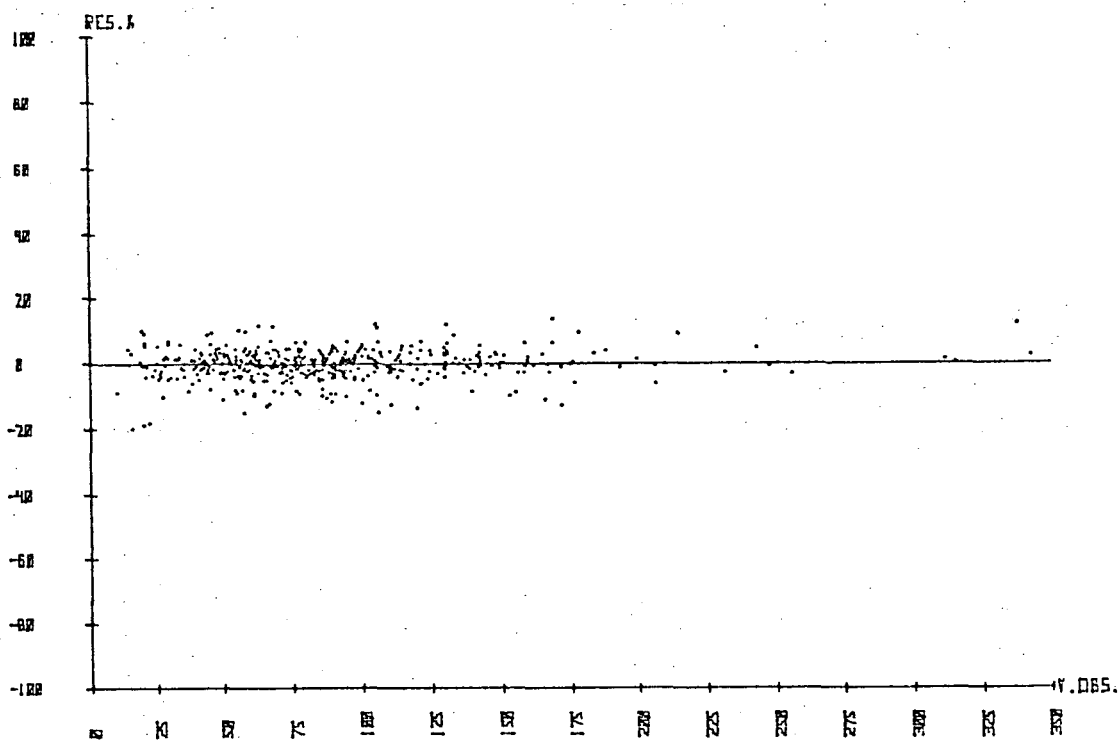


Figura 32 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 16 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

4.3.3.2 Modelos selecionados pelo processo *Forward* — Os modelos selecionados pelo processo *Forward* para a Floresta de Várzea não coincidiram com aqueles elaborados para Terra Firme, como já ocorrera quando este mesmo estudo foi dirigido para todas as espécies, exceto as Palmeiras.

Conforme já mencionado, para aplicação da metodologia desenvolvida por KOZAK<sup>21</sup>, para os testes de paralelismo e coincidência é necessário que a comparação seja feita para modelos iguais, ou seja, com as mesmas variáveis.

Desta forma, para o grupo de espécies importantes economicamente, somente foi possível verificar as possibilidades de agrupamento dos dados através da comparação da equação 18a, melhor para a Várzea, com a segunda melhor da Terra Firme, equação 24a, ambas do grupo das aritméticas.

Ressalta-se, que as primeiras equações obtidas pelo *Forward* para os grupos aritméticos e logarítmicos coincidiram com os melhores modelos pré-selecionados da literatura e também já estudados quanto à esta problemática no item anterior, pela ANACOVA.

As análises de variâncias das equações 18a e 24a para os testes de paralelismo e de coincidência constam dos Quadros 23 e 24, respectivamente. Testando-se a primeira hipótese, ou seja, se as equações tinham inclinações comuns, o teste F resultou não significativo, demonstrando, portanto, que as mesmas têm superfícies paralelas. A segunda hipótese pode-se então ser testada, resultando também um F não significativo. Isto quer dizer que essas equações são paralelas e têm níveis de interceptos comuns e em consequência podem ser agrupadas.

Quadro 23 - Análise de variância para o teste de paralelismo das equações 18a e 24a, ajustadas para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes - Processo *Forward*.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Resíduos para modelos com mesma inclinação	472	9853,601002	-	-
Resíduos para modelos sem restrição	470	9696,034433	20,6298605	-
Diferença	2	157,566569	78,7832843	3,8189 NS

Quadro 24 - Análise de variância para o teste de coincidência das equações 18a e 24a, ajustadas para a Floresta de Várzea e de Terra Firme, englobando as espécies economicamente importantes - Processo *Forward*.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Resíduos para o modelo com inclinações e interceptos comuns.	473	9908,417199	-	-
Resíduos para os modelos com mesma inclinação	472	9853,601002	20,8762733	-
Diferença	1	54,816197	54,816197	2,6258 NS

Mesmo tendo-se testado apenas o modelo citado, os dados foram agrupados e seguiu-se a mesma linha de procedimento, exhaustivamente discutido anteriormente, pretendendo com isto, observar os estimadores de precisão das equações resultantes.

O Quadro 25 apresenta estas equações, que com exceção da 28a que coincide com a 7, cujas tendências já se discutiu amplamente, todas as demais têm excelentes conjuntos quanto à precisão, com erros muito próximos aos obtidos para a Floresta de Terra Firme.

As equações 30a e 32a foram as selecionadas pelo processo *Forward* para o grupo aritmético e logarítmico, respectivamente, com distribuições residuais bastante homogêneas que podem ser observadas nas Figuras 33 e 34. A equação 29a tem seus resíduos mostrados na Figura 67 do Apêndice.

Quadro 25 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos obtidos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	P.C.	S.Q. RESID.	F
28a	$V = b_0 + b_1 + G \bar{h}$	$b_0 = 1,621403853$ $b_1 = 0,749400435$	0,9823	6,27398	7,05	0,0189	18657,9589	26363,55
29a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G$	$b_0 = -1,981386530$ $b_1 = 0,517284554$ $b_2 = 3,824947749$	0,9906	4,57690	5,14	0,3192	9908,4180	24978,30
30a	$V = b_0 + b_1 G \bar{h} + b_2 G + b_3 N \bar{d}$	$b_0 = -0,077756507$ $b_1 = 0,509399381$ $b_2 = 4,367752564$ $b_3 = -0,237187371$	0,9912	4,44112	4,99	0,5596	9309,4986	17696,16
31a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,423257783$ $b_1 = 0,513442026$	0,9921	0,02051	4,72	0,8365	11635,7676	59886,11
32a	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h} + b_2 \log G^2$	$\log b_0 = 0,266644636$ $b_1 = 0,659376369$ $b_2 = -0,152811691$	0,9939	0,01811	4,17	0,8264	9735,0516	38475,67

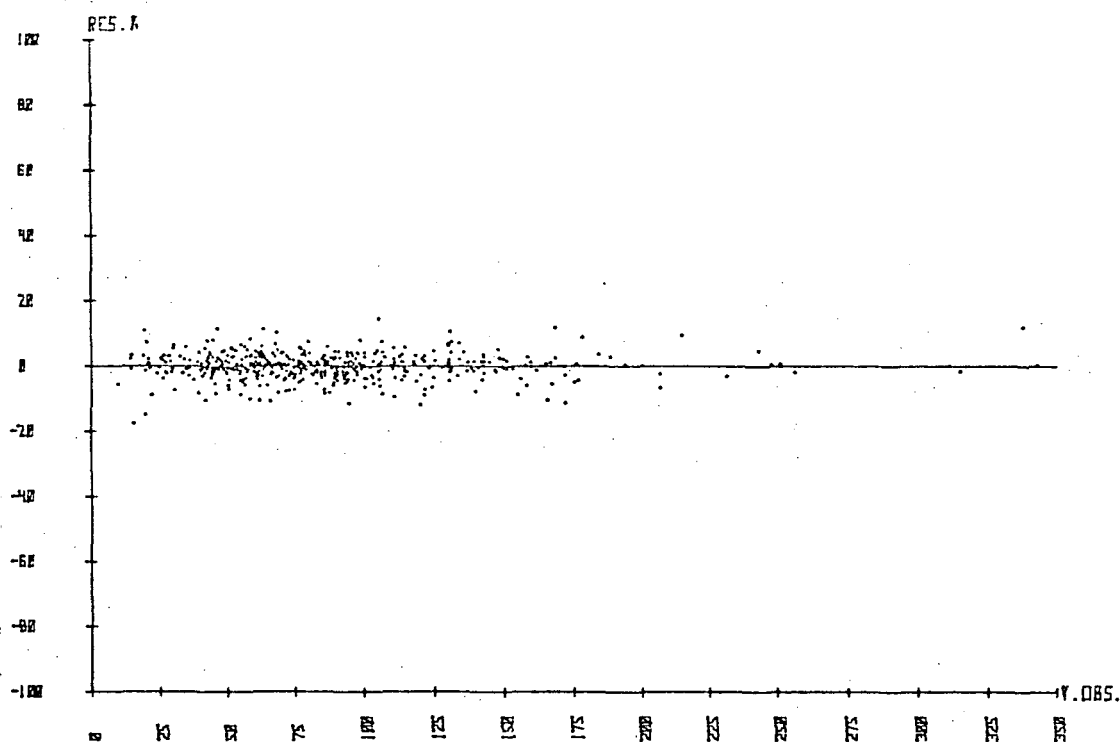


Figura 33 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 30a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

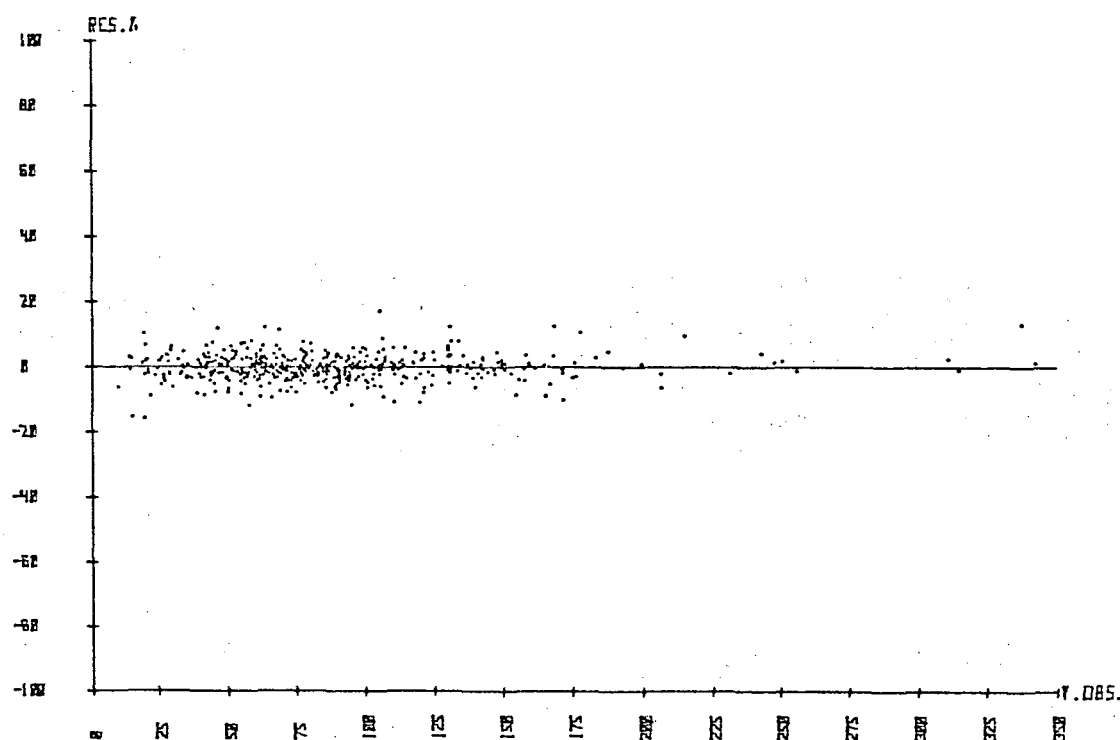


Figura 34 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 32a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea e de Terra Firme.



#### 4.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OUTRAS PESQUISAS

A comparação dos resultados obtidos nesta pesquisa com trabalhos publicados sobre o mesmo assunto é de certa forma, pouco válido, uma vez que quase todos aqueles que trataram da questão aqui abordada, não aplicaram esta forma de estimar volumes por unidade de área às florestas naturais.

Portanto, as variáveis que se dispunha para este trabalho, com exceção da área basal (G), foram bem poucas vezes empregadas para estimar por regressão o volume por unidade de área.

Vários autores (SPURR<sup>33</sup>, CROMER & BOWLING<sup>9</sup>, MYERS, citado por SILVA<sup>30</sup>) muitas vezes, obtiveram bons resultados quando utilizaram a equação da variável combinada ou de Spurr, mas trabalharam com florestas puras e a altura utilizada sempre foi a média das dominantes ou codominantes, resultando em erros de 2,3% até 7%.

A altura média total de todas as árvores, foi também utilizada por SPURR<sup>33</sup> nessa mesma equação em combinação com a área basal, em povoamentos de *Pinus palustris* Mill e *Pinus taeda* L., com erros de 7,0 e 6,9%, respectivamente.

Nesta pesquisa, a melhor equação aritmética foi também a da variável combinada, apenas que a altura média utilizada foi a comercial, ou seja, a altura até a bifurcação ou onde havia inserção de galhos de porte. Em todos os casos estudados, esta equação resultou a melhor entre as aritméticas e quase sempre a segunda entre todos os modelos pré-selecionados na literatura, com erros de 4,93 % até 7,50% mostrando portanto, bons resultados se comparados aos obti-

dos em outros trabalhos.

O melhor modelo entre os pré-selecionados na literatura, em todos os casos considerados foi:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$$

Este modelo apresentou erros que variaram de 3,06% até 4,98% que podem ser considerados excelentes em se tratando de florestas tropicais naturais. Este mesmo modelo foi o escolhido pelo processo *Forward* por SILVA<sup>30</sup> para povoamentos puros de *Eucalyptus* spp, onde obteve-se erros inferiores a 2,45%, sendo que este autor utilizou a altura média das dominantes.

Quanto aos modelos que têm apenas a área basal como variável independente, ou seja, equações que podem ser consideradas de alta praticidade, os erros alcançados neste trabalho foram de 8,27% até 12,10% o que os tornam viáveis de serem utilizados.

Quando adotou-se o processo *Forward* para elaboração de modelos de no máximo 3 variáveis independentes, chegou-se a um declínio nos erros que oscilaram de 2,69% até 4,17%, isto considerando-se apenas os melhores modelos para cada caso e que sempre foram do grupo dos logarítmicos.

## 5 CONCLUSÕES

Entre todas as variáveis independentes utilizadas, a combinação, área basal e altura média aritmética, apresentou nos casos estudados, os maiores graus de correlação linear simples com as variáveis dependentes, tanto na forma aritmética como na logarítmica. Destaque especial merece a combinação  $G^2\bar{h}$  na forma logarítmica com índices variando de 0,9912 a 0,9962, enquanto que o  $\log G$  foi a melhor variável, na forma simples, com correlações de 0,9468 a 0,9808.

Os modelos logarítmicos testados para estimar o volume comercial com casca em  $m^3/ha$  sempre foram superiores aos aritméticos, evidenciando a existência de variabilidade entre os dados estudados, homogenizados através da logaritimização.

Em todos os casos considerados, o modelo mais eficiente entre os pré-selecionados na literatura foi o 16:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2\bar{h}$$

que resultou erros de 4,46%; 3,06% e 3,41% respectivamente para a Floresta de Várzea, de Terra Firme e para o agrupamento destas duas tipologias, considerando-se as informações de todas as espécies, exceto as Palmeiras. Quando estudou-se apenas as espécies economicamente importantes, obteve-se 4,98%; 4,61% e 4,72% respectivamente. A Floresta de Terra Firme resultou em erros menores, devido ao maior número de

observações existentes.

Considerando -se ainda, os modelos pré -selecionados, testados a partir de variáveis simples e fáceis de serem medidas no campo, destacou-se a equação 12:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$$

que na maioria dos casos foi a melhor, seguida pela equação aritmética 1, que resultaram sempre em erros aceitáveis para as estimativas propostas.

Com relação aos modelos elaborados pelo processo *Forward*, em todos os casos estudados, as combinações  $G\bar{h}$  e  $G^2\bar{h}$  foram as primeiras a ingressarem nos modelos, respectivamente, no grupo das aritméticas e das logarítmicas. Houve alternância no ingresso da segunda variável, principalmente entre  $G$  e  $G\bar{h}$ , enquanto que a entrada de uma terceira variável, quase sempre resultou em acréscimo de precisão não significativo. De uma maneira geral, os modelos selecionados por esse processo, apresentaram melhoras significativas quanto à precisão, tornando válidas a sua aplicação nesta pesquisa.

Os testes de paralelismo e coincidência aplicados aos melhores modelos, indicaram na maioria das vezes, que os dados não deveriam ser agrupados. Apesar dos resultados destes testes, os dados foram agrupados e os melhores modelos ajustados, obtendo-se em várias ocasiões, excelentes composições de elementos estimadores de precisão.

Estes modelos, ajustados com os dados agrupados, podem ser perfeitamente utilizados, principalmente quando a delimitação ou identificação das tipologias no campo, tornarem-se inviáveis.

## 6 RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de dados oriundos de 476 unidades de amostras medidas em uma floresta tropical úmida da região amazônica, nos municípios de Tefé e Juruá, Estado do Amazonas. Estas amostras tinham 2.500 m<sup>2</sup> de área com dimensões de 10 m x 250 m, sendo que 70 delas foram medidas na tipologia denominada de "Floresta de Várzea" e as demais, na tipologia "Floresta de Terra Firme".

Foi objetivo principal do trabalho, testar uma série de modelos de regressão disponíveis na literatura e também elaborar modelos pelo processo *Forward* para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de um grupo de espécies economicamente importantes e de todas as espécies amostradas, exceto as Palmeiras a partir do diâmetro médio aritmético, altura comercial média, área basal e número de árvores por hectare. Aplicou-se ainda, os testes de paralelismo e de coincidência a fim de verificar as possibilidades de agrupar os dados das tipologias estudadas.

Entre os modelos pré-selecionados na literatura, destacou-se como o mais eficiente em todos os casos estudados, o logarítmico:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$$

onde:

$V$  = volume comercial com casca em  $m^3/ha$

$G$  = área basal com casca em  $m^2/ha$

$\bar{h}$  = altura comercial média (m).

Esta equação apresentou erros (Syx) inferiores a 4,98% e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,9825 em todos os aspectos pesquisados.

Os modelos resultantes do processo *Forward*, na maioria das vezes, foram constituídos por duas variáveis independentes, com contribuições significativas na precisão.

A seleção dos modelos foi feita através de comparação e análise dos seguintes elementos indicadores de precisão: Erro Padrão de Estimativa em percentagem (Syx), Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ), Soma de Quadrados dos Resíduos, Probabilidade Cumulativa e a Distribuição Gráfica dos Resíduos em percentagem.

## SUMMARY

The main objectives of this research were to test several regression models available in the literature, and also to build up regression models by the FORWARD method to estimate commercial volume with bark, in cubic meter per hectare independently for:

- 1) The group of species economically important.
- 2) All sampled species except the Palmaceae both for low land forests and for up land forests.

Also was tested the possibilities to group data from low land forests and from up land forests to build up a single regression equation for both forest typologies.

The data came from 476 sample units measured in a tropical rain forest of the Amazonic region, located in the counties of Tefé and Juruá, in the Amazonas State. Each sample unit had an area of  $2.500 \text{ m}^2$ , with dimensions of 10 m by 250 m. Seventy sampled units were located in low land forests and 406 in up land forests.

The following independent variables were searched in order to build up the regression model: the arithmetic mean dbh, the average commercial height, basal area and number of trees per hectare.

The logarithmic model:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$$

was the most efficient among other ones pre-selected in the literature.

In this model:

V = commercial volume with bark in cubic meters per hectare

G = basal area with bark in squared meters per hectare

$\bar{h}$  = average commercial height in meters.

This equation presented standard errors smaller than 4,98%, and coefficient of determination larger than 0,9825 for all searched aspects.

In most of the cases, the resulting regression equations through the FORWARD METHOD, were formed by only two independent variables, with significant contributions to the improvement of the precision.

The following statistics were used to select, to compare and to analyse regression models: standard error of the estimate in percent (Syx%), coefficient of determination ( $R^2$ ) squared somm of residuals, cumulative probability and the grafic distribution of residuals in percent.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANUCHIN, N.P. Forest mensuration. Jerusalem, Program for Scientific Translation, 1970. 494 p.
- 2 ASSMANN, E. The principles of forest yield study. Oxford, Pergamon Press, 1970. 506 p.
- 3 BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB. 19 Juruá, Rio de Janeiro, 1978. (Levantamento de Recursos Naturais, 15).
- 4 \_\_\_\_\_. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB. 20 Manaus, Rio de Janeiro, 1978. (Levantamento de Recursos Naturais, 18).
- 5 BRINKMAN, K.A. Stand volume equations for shortleaf pine in Missouri. U.S.For.Serv.Res. Note NC - 24, 1967. 4 p.
- 6 BURGER, D. Ordenamento florestal I - a produção florestal. 2.ª ed., Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, 1976. não paginado.
- 7 COLE, D.M. A cubic-foot stand volume equation for Lodgepole pine in Montana and Idaho. U.S.For.Serv.Res. Note INT - 150, 1971. 8 p.
- 8 \_\_\_\_\_. Merchantable cubic stand volume conversion factors for Lodgepole pine in Montana and Idaho. U.S. For. Serv. Res. Note INT - 259, 1979. 12 p.
- 9 CROMER, D.A.N. & BOWLING, P.J. The development of a yield table for "*Eucalyptus obliqua*" regrowth in Southern Tasmania. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, v.2, São Paulo, 1961. p. 1071-80.
- 10 DECOURT, N. Comparaison des équations de régression. Application au cubage des peuplements d'épicéa commun. Ann.Sci.Forest., 28(1), 1971. 51-58p.
- 11 DRAPER, N.R. & SMITH, A. Applied regression analysis. New York, John Wiley & Sons, 1966. 407 p.
- 12 ENCONTRO NACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO DA TERMINOLOGIA FLORESTAL, I. Curitiba, 1976. Anais. Curitiba, FIEP, 1976.

- 13 FERREIRA, C.A. A estimativa do volume de madeira aproveitável para celulose, em povoamentos de *Eucalyptus* sp. Piracicaba, 1976. 112 f. Dissertação, Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- 14 FIGUEIREDO, D.J. Utilização da variável diâmetro quadrático médio ( $d_q$ ), em estimativas volumétricas de *Eucalyptus grandis* Hill. ex-Maiden, na região central do Paraná. Curitiba, 1982. 80 f. Dissertação, Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 15 FREESE, F. Elementary forest sampling. U.S. Forest Service, Southern Forest Experimental Station Agriculture Handbook nº 232, 1962. 91 p.
- 16 \_\_\_\_\_. Linear regression methods for forest research. U.S. For. Serv. Res. Pap. FLP - 17, 1964. 137 p.
- 17 GOMES, A.M.A. Medição de Arvoredos. Lisboa, Livraria Sá Costa, 1957. 413 p.
- 18 HAMILTON, G.J. Forest mensuration handbook. London, Her Majestys Stationery Office, 1975. 274 p.
- 19 HIGUCHI, N. Tabelas de volumes para povoamentos nativos de Canafístula (Leguminosae), Cedro (Meliaceae), Pau-marfim (Rutaceae) e Canelas (Lauraceae) no extremo oeste paranaense. Curitiba, 1978. 75 f. Dissertação, Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 20 HUSCH, B. Forest mensuration and statistics. New York, Ronald Press, 1963. 474 p.
- 21 KOZAK, A. A simple method to test paralelism and coincidence for curvilinear, multiple linear and multiple curvilinear regressions. In: IUFRO CONFERENCE ADVISOURY GROUP OF FOREST STATISCIANS, 3., Jouy-en-Josas, 1970. Paris, INRA, 1972. p. 133-45.
- 22 MACHADO, S.A. Aplicabilidade de equações de regressão em inventários florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., Curitiba, 1973. Anais. Curitiba, FIEP, 1973. p. 175-77.
- 23 \_\_\_\_\_. Dendrometria. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, s.d. 37 p. (Apostila).
- 24 MEYER, H.A. The Standard error of estimate of tree volume from the logarithmic volume equation. Jour. Forestry, 36:430-342. 1938.
- 25 \_\_\_\_\_. A corrections for a systematic error occuring in the application of logarithmic volume equation. Pennsylvania Forest School Research, 1944 (paper 7).

- 26 MOESSNER, K.E. Composite aerial volume tables for conifer stands in the Mountain States. U.S. for.Serv. Res. Note INT - 6, 1963. 4 p.
- 27 PETERS, R. Konstruktion eines massentafelmodells dargestellt am Beispiel der Baumart *Araucaria araucana* (Mol.) C. Kock. Inaugural Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwig-Universität zu Freiburg i.Br., Freiburg, 1971. 95 p.
- 28 PRODAN, M. Forest biometrics. Oxford, Pergamon Press, 1968. 447 p.
- 29 ROSOT, N.C. Estimativa do peso de madeira seca de *Pinus taeda* L. por ocasião do primeiro desbaste. Curitiba, 1980. 79 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.
- 30 SILVA, J.A. Estimativa do volume por hectare e sua composição em povoamentos de *Eucalyptus* spp nos cerrados em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Curitiba, 1979. 85 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.
- 31 SILVA, J.N.M. & SCHNEIDER, P.R. Comparação de equações de volume para povoamentos de *Acacia mearnsii* DE WILL (Acacia negra) no Estado do Rio Grande do Sul. Floresta, 10 (1): 36-42, 1979
- 32 SIQUEIRA, J.D.P. Tabelas de volume para povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze, no Sul do Brasil. Curitiba, 1977. 163 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.
- 33 SPURR, S.H. Forest inventory. New York, Ronald Press, 1951. 476 p.
- 34 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Centro de Pesquisas Florestais. Inventário Florestal da Área 3 do Pólo Juruá-Solimões. Convênio IBDF. Curitiba, 1980. 170 p.
- 35 ZAICHENKO, L.P. Determination of standing volumes from form heigh. Advances in forest mensuration, 48:94-99, 1971.

APÊNDICE

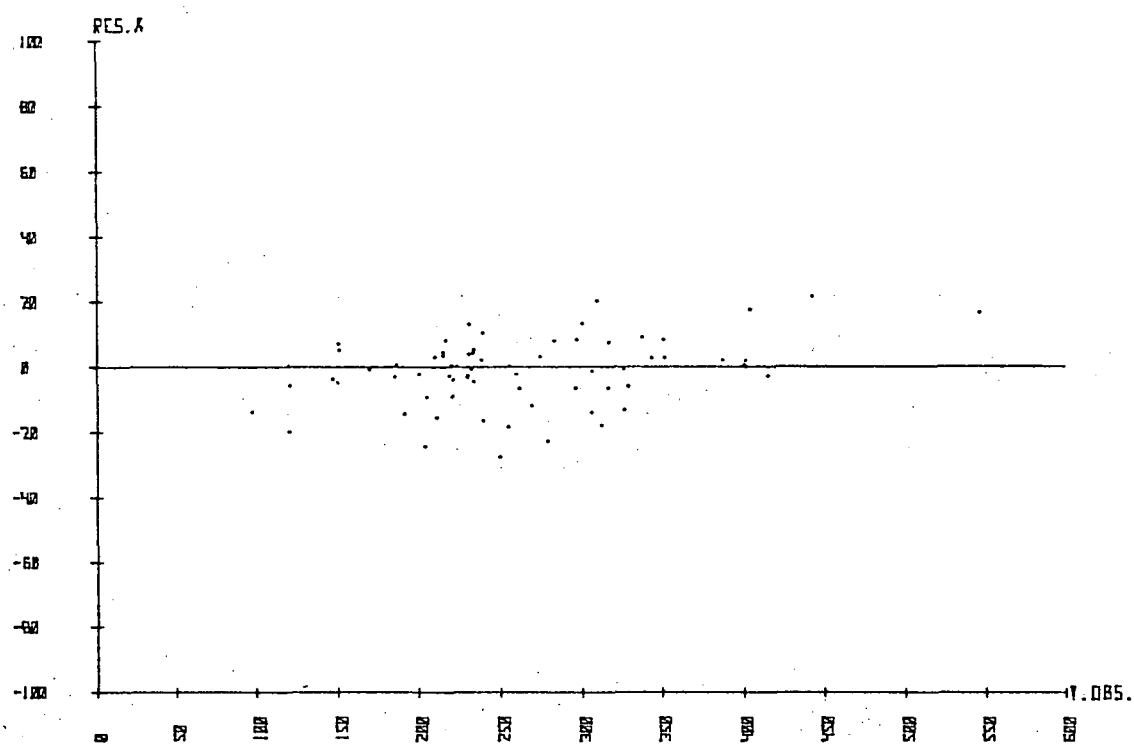


Figura 35 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea.

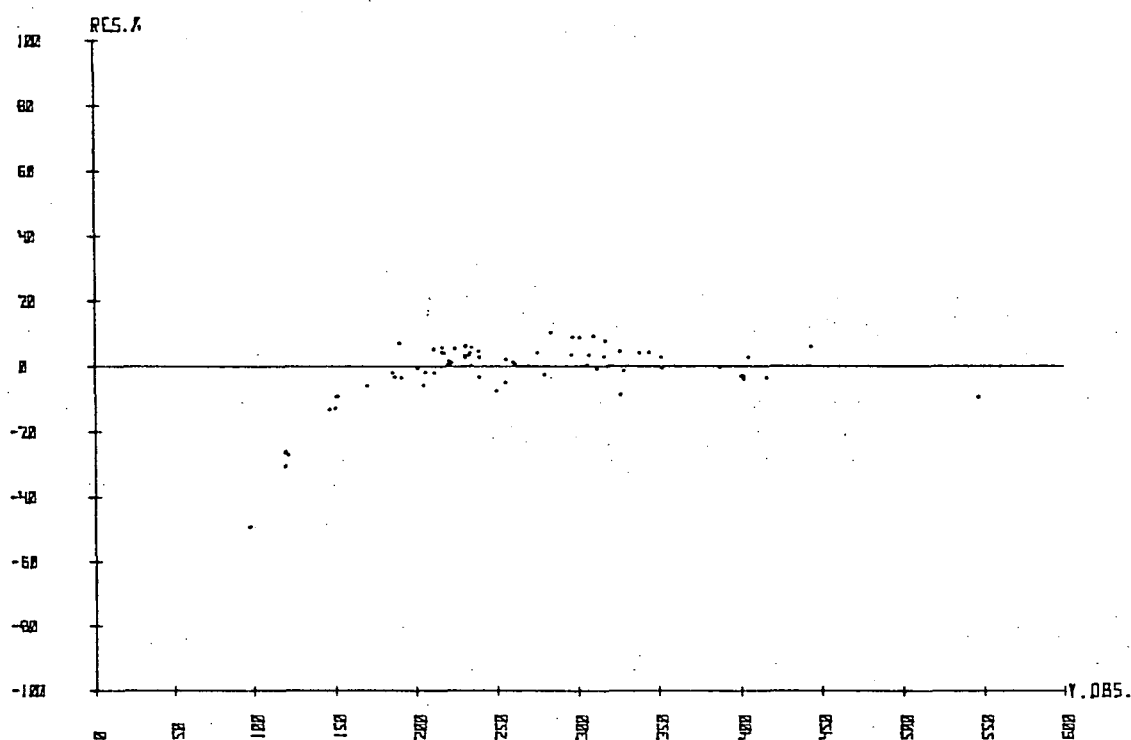


Figura 36 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 10 - Floresta de Várzea.

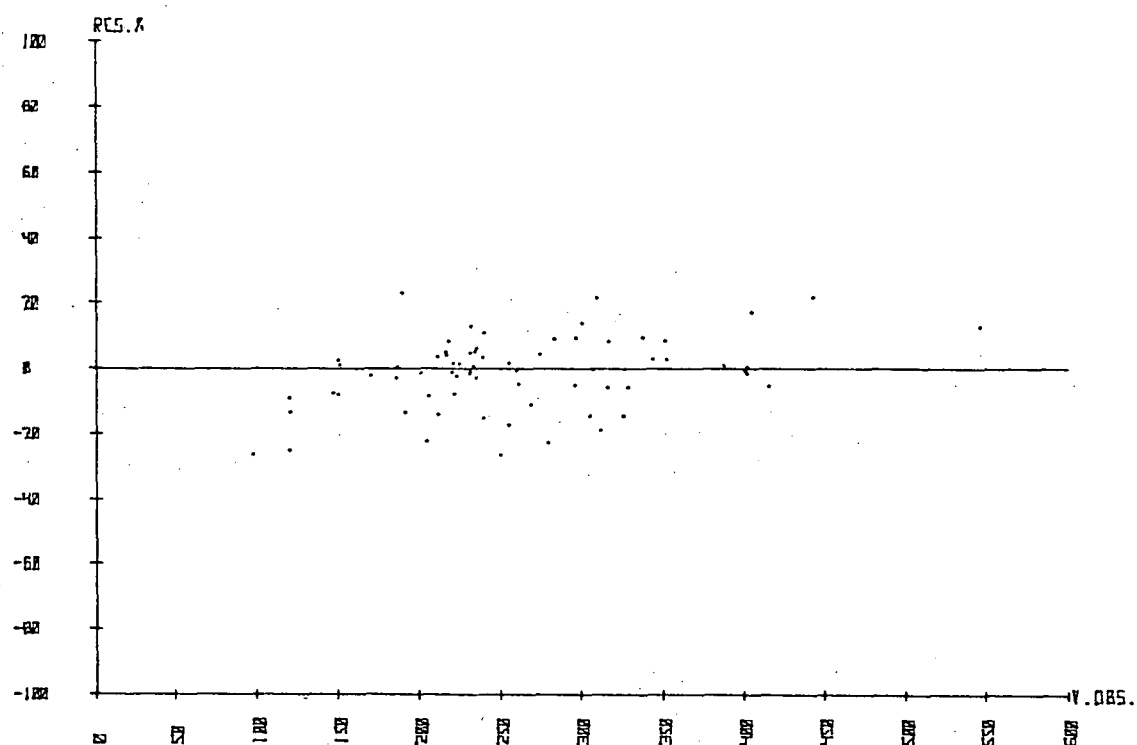


Figura 37 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea.

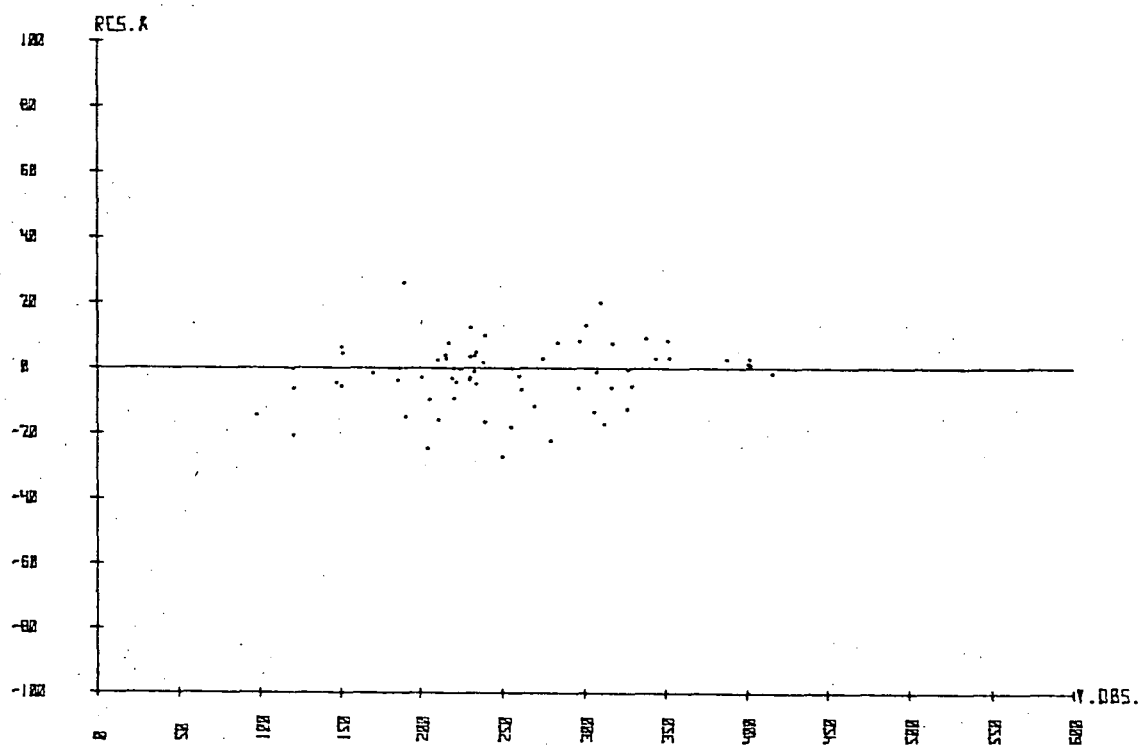


Figura 38 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea.

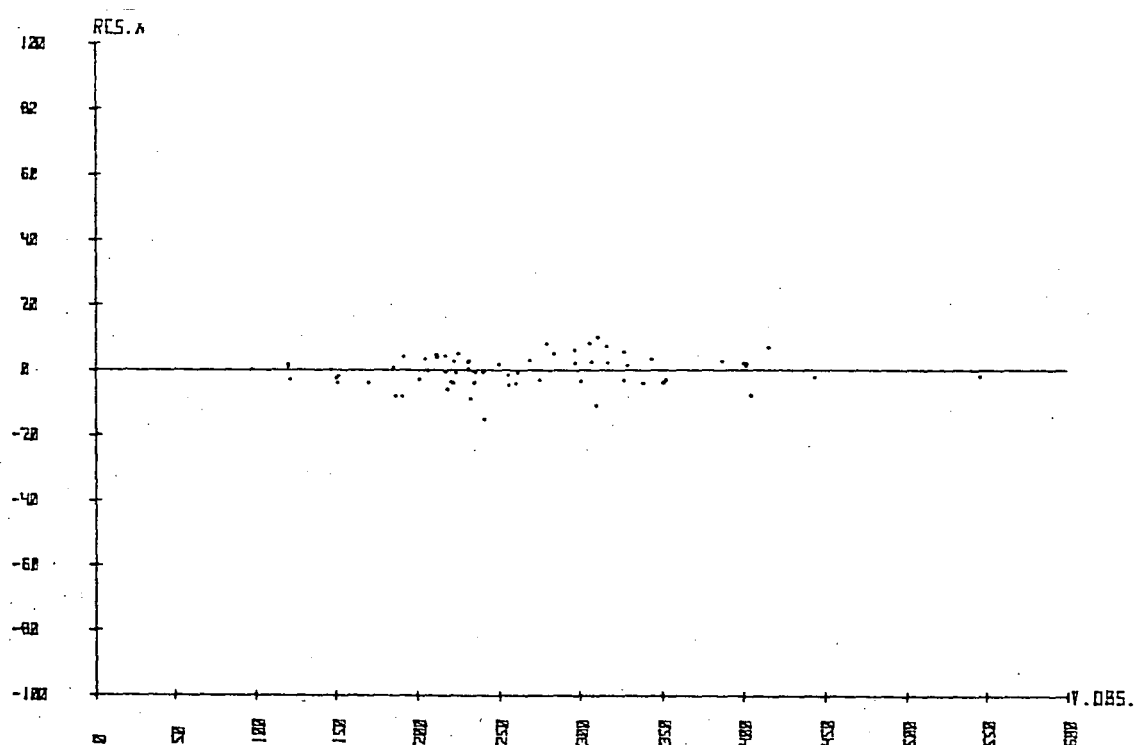


Figura 39 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea.

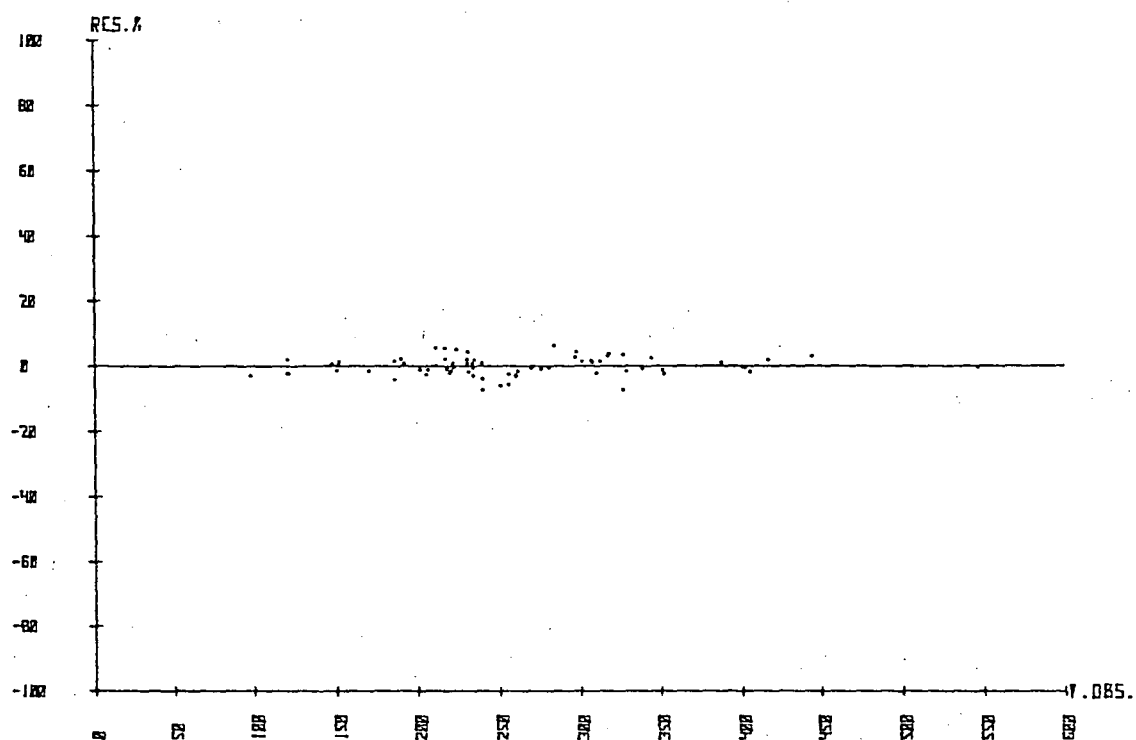


Figura 40 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 3a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea.

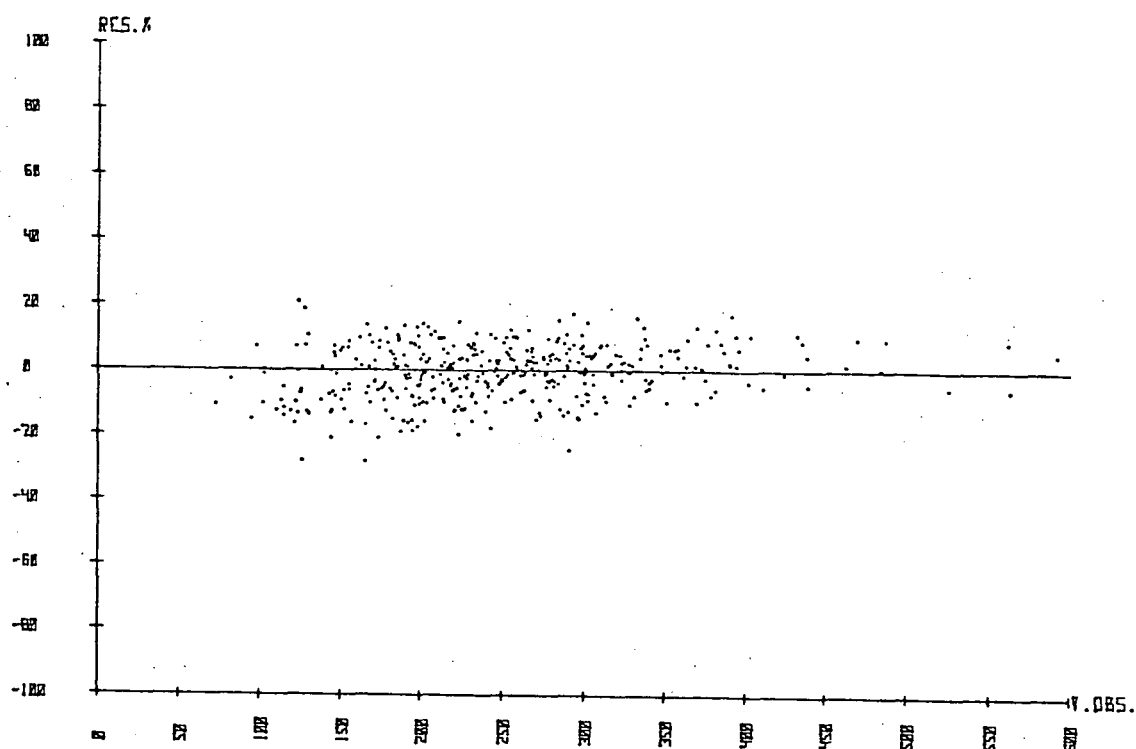


Figura 41 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Terra Firme.

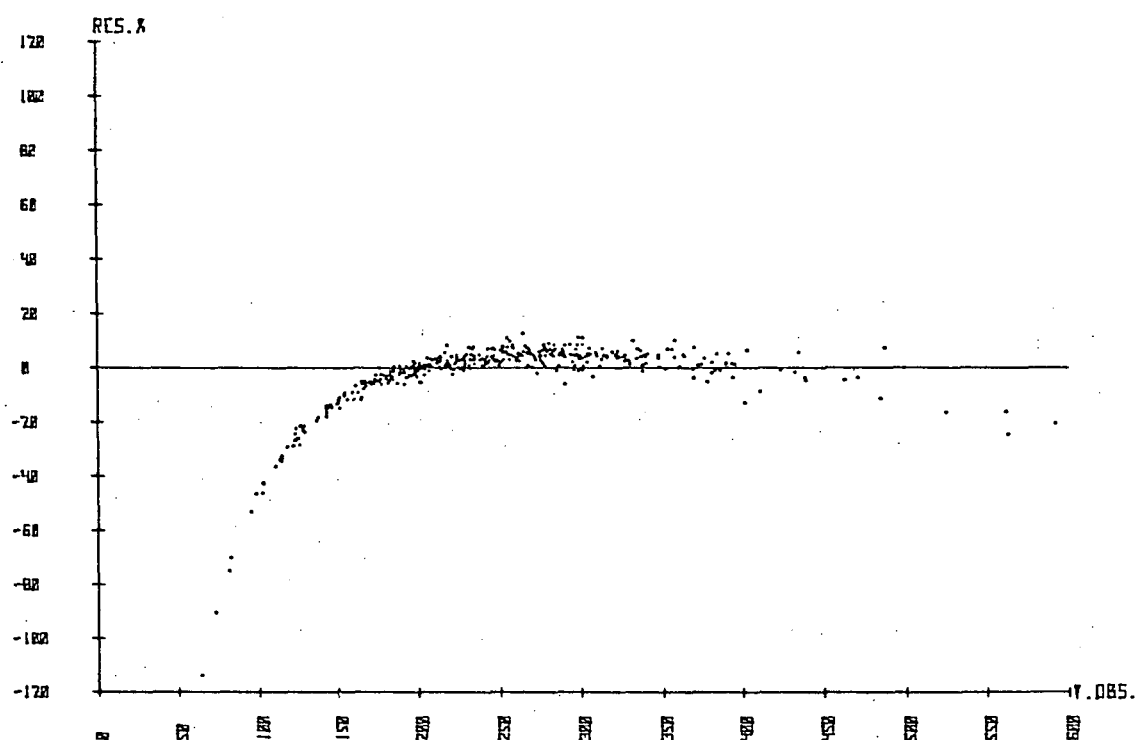


Figura 42 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 10 - Floresta de Terra Firme.



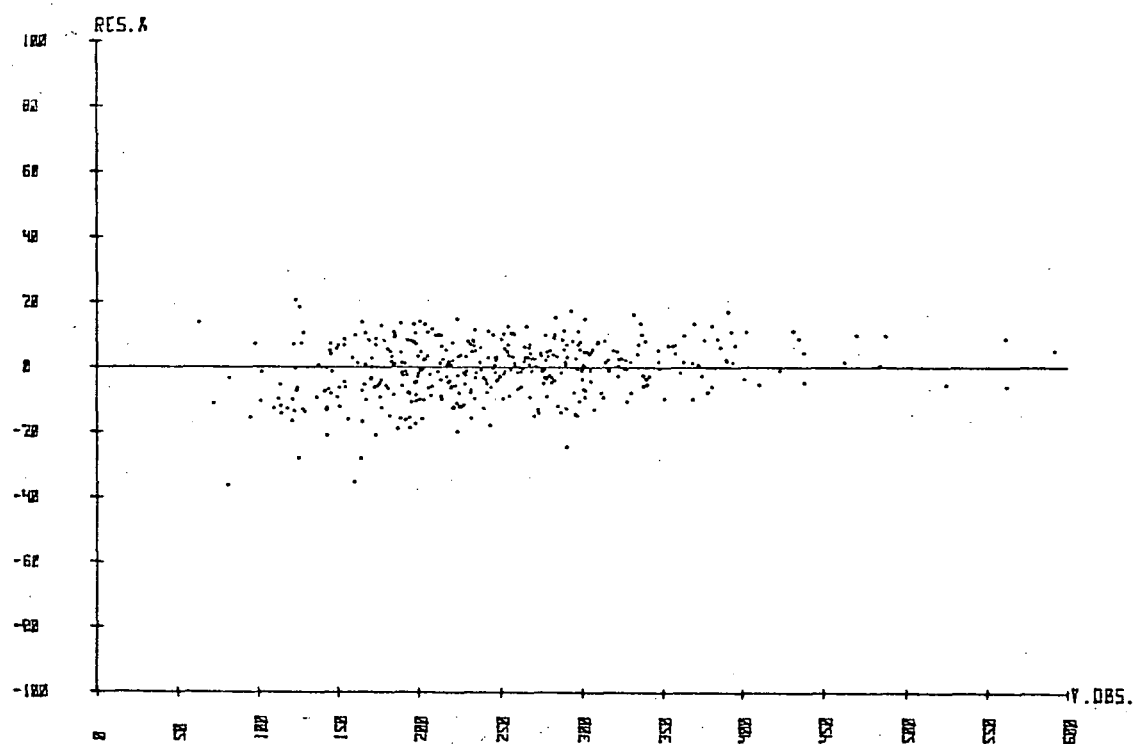


Figura 43 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Terra Firme.

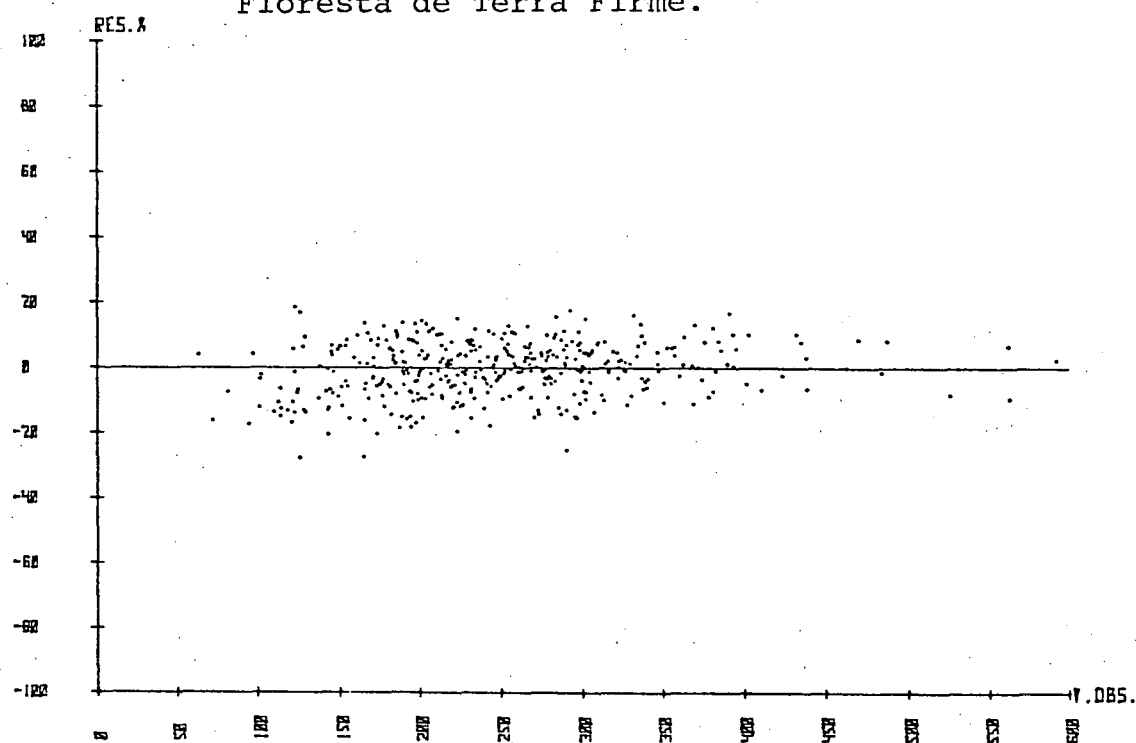


Figura 44 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de de Terra Firme

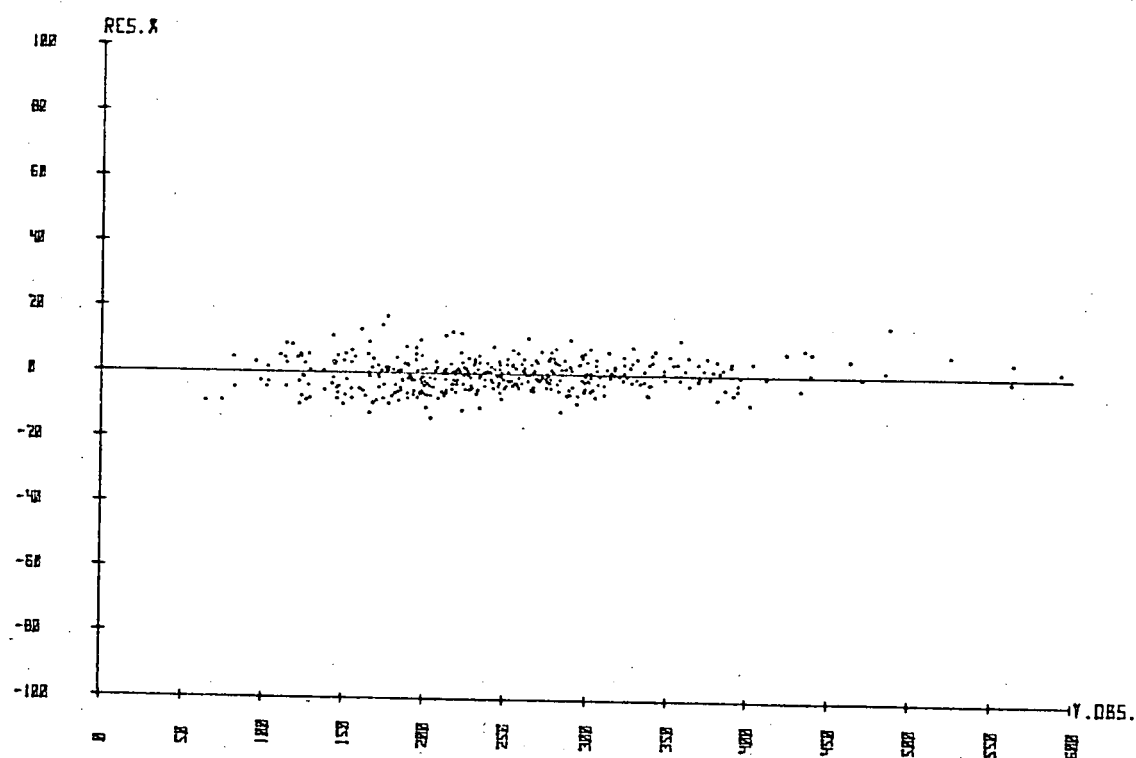


Figura 45 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Terra Firme.

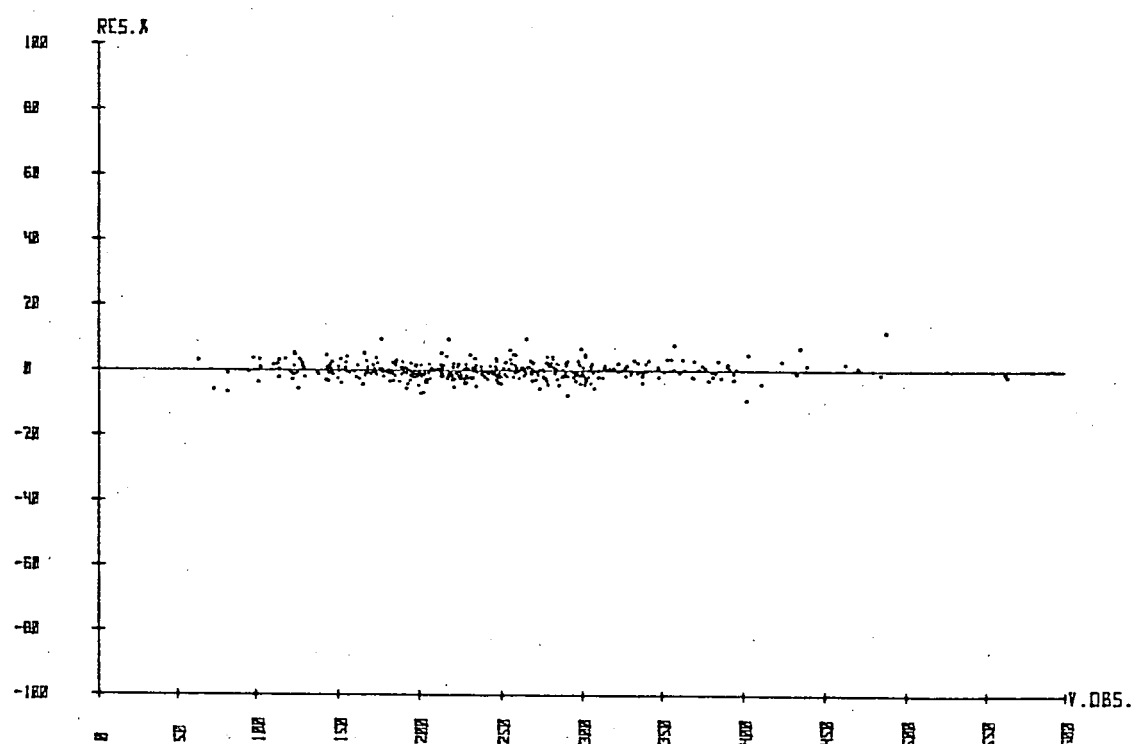


Figura 46 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $m^3/ha$ ) em percentagem da equação 7a, obtida pelo processo Forward - Floresta de Terra Firme.

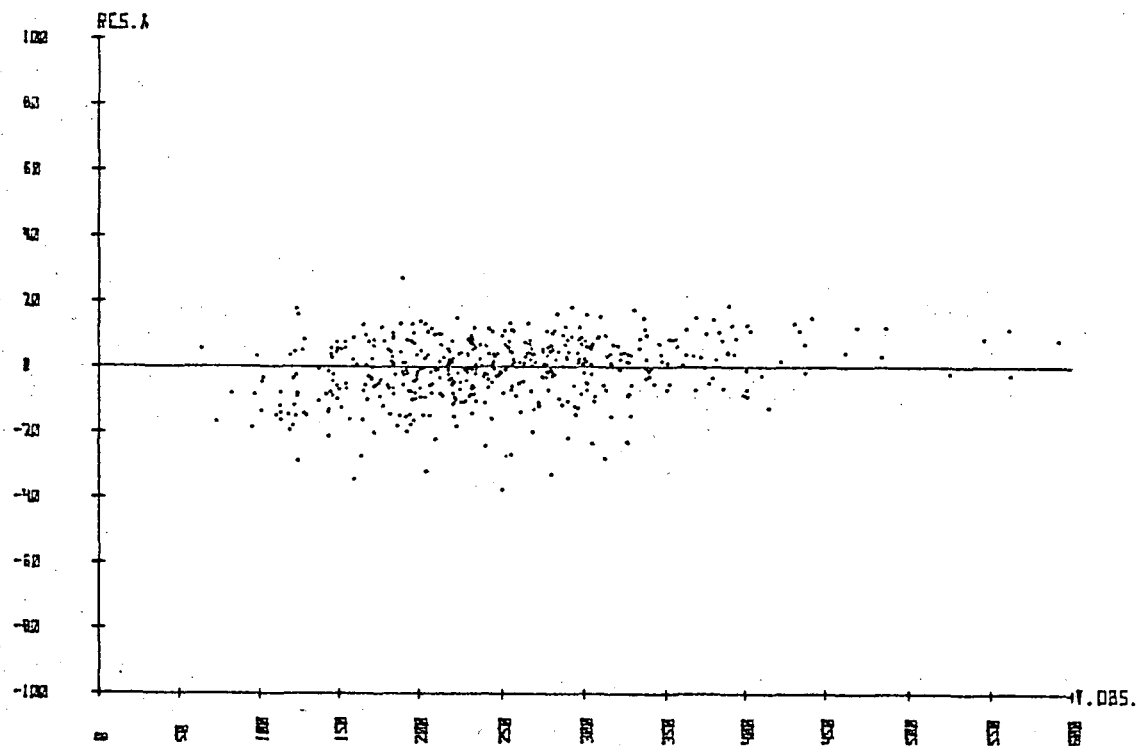


Figura 47 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

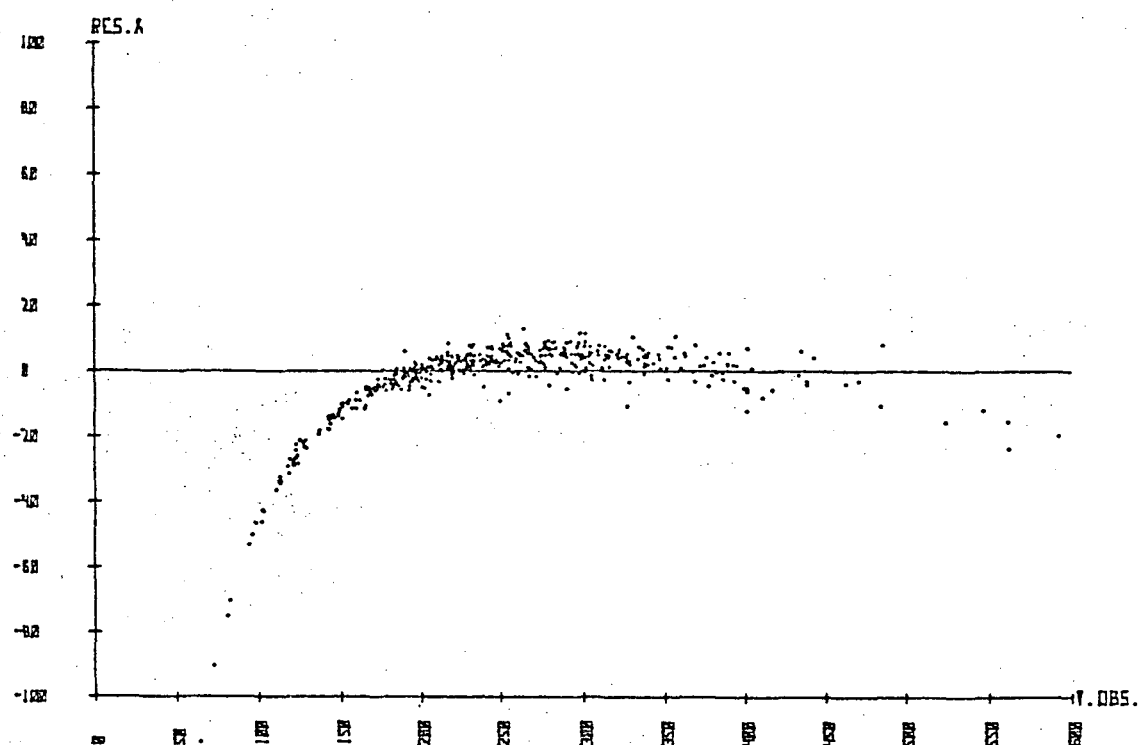


Figura 48 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 10 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

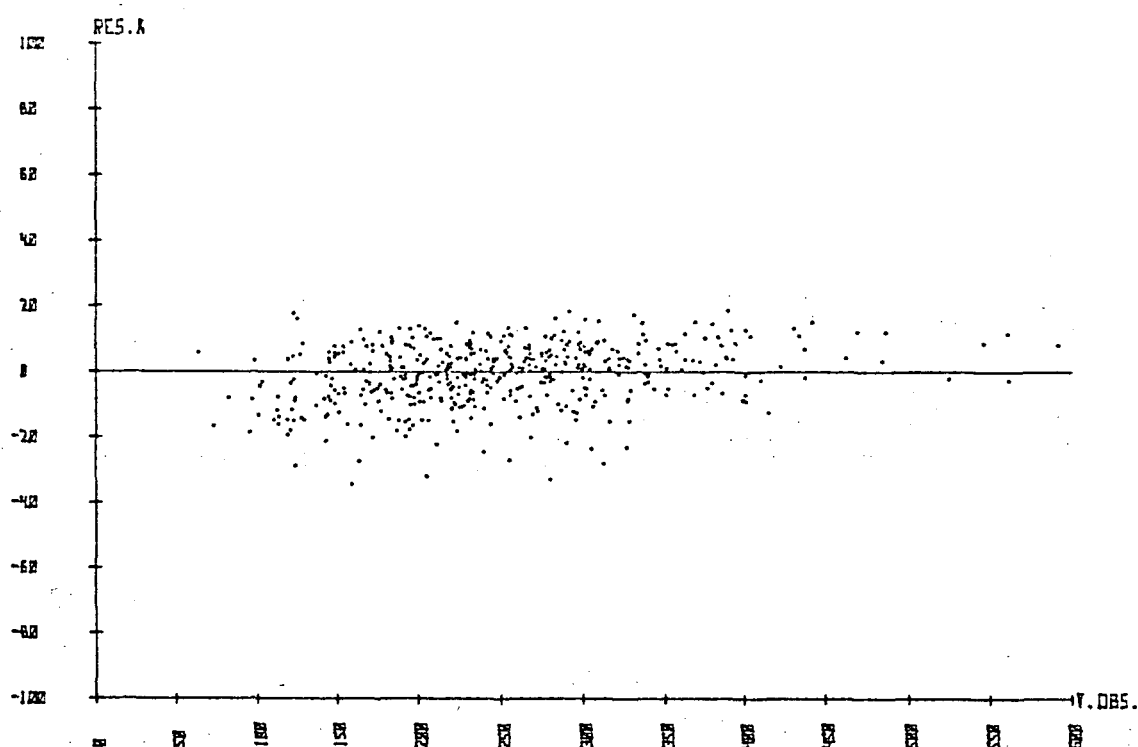


Figura 49 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

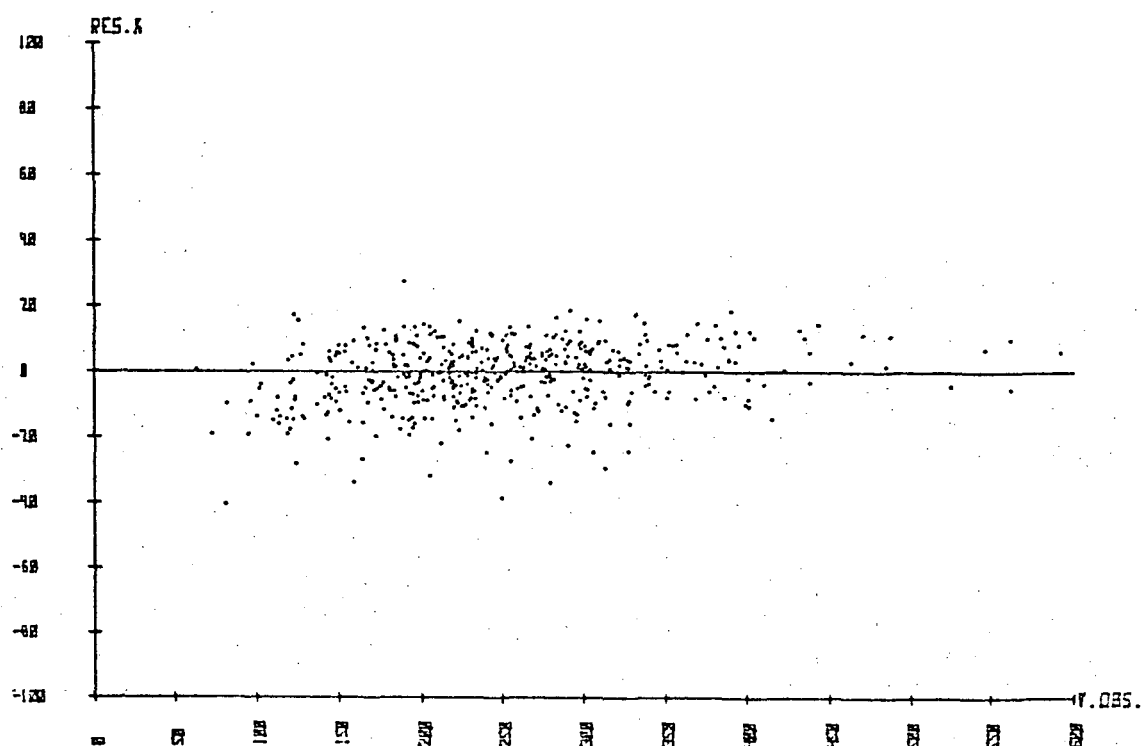


Figura 50 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

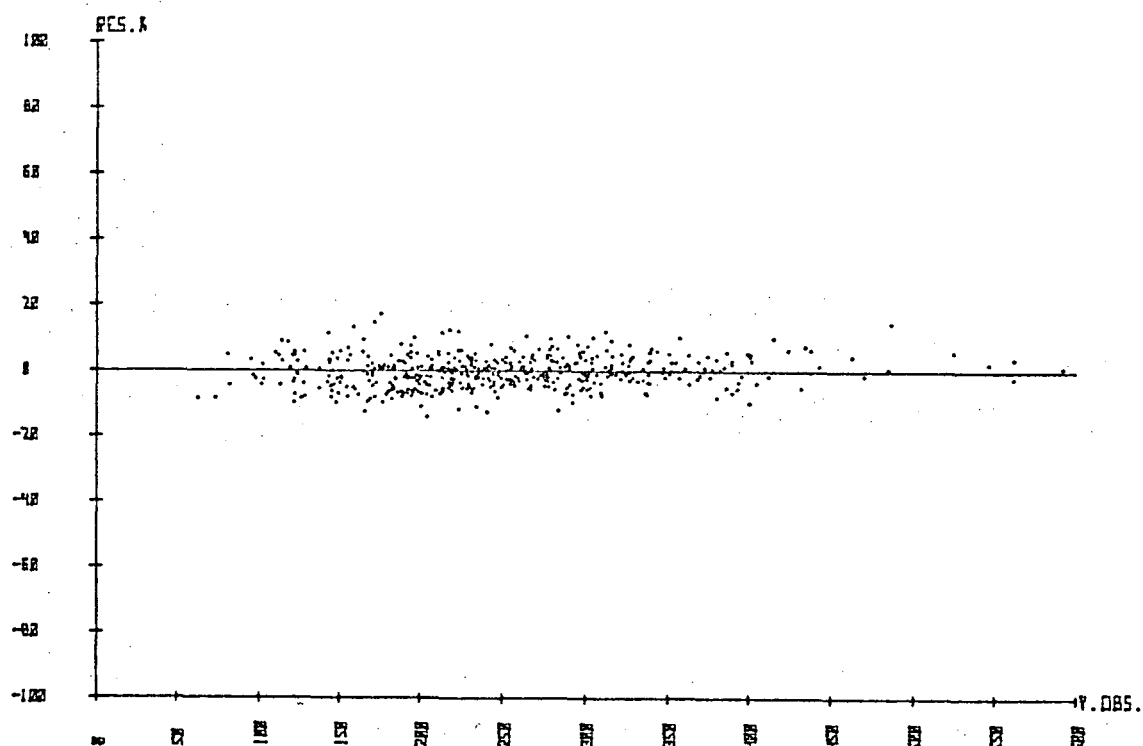


Figura 51 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

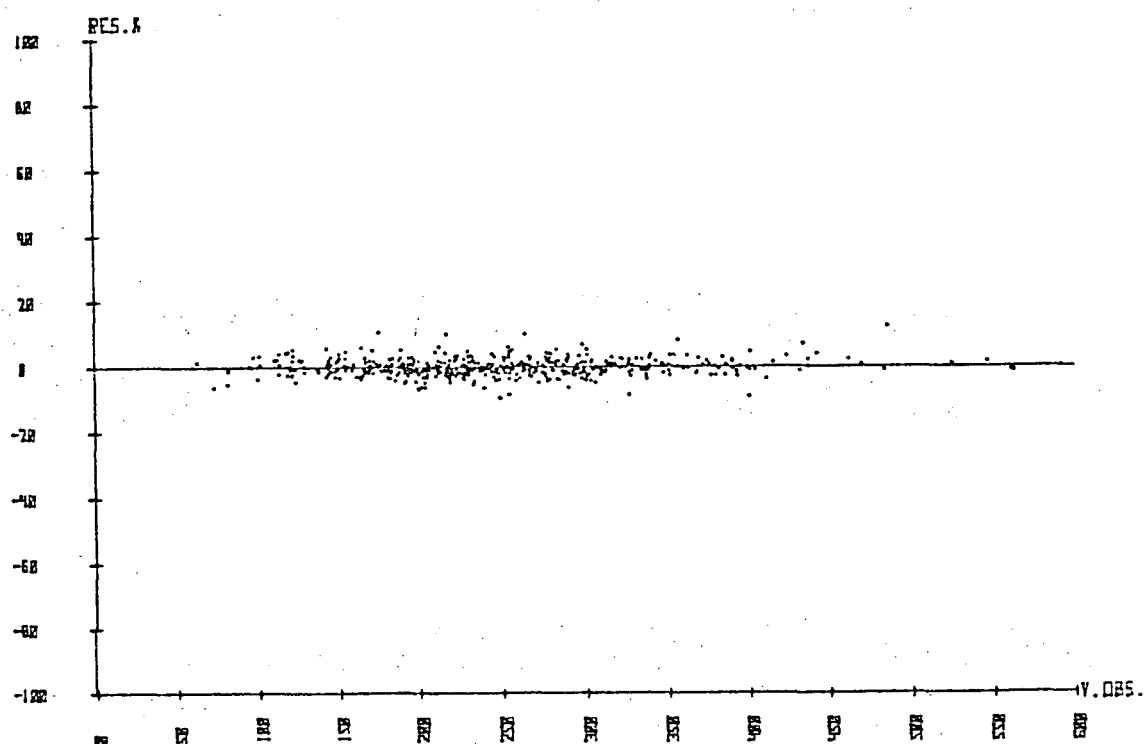


Figura 52 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12a, obtida pelo processo Forward - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

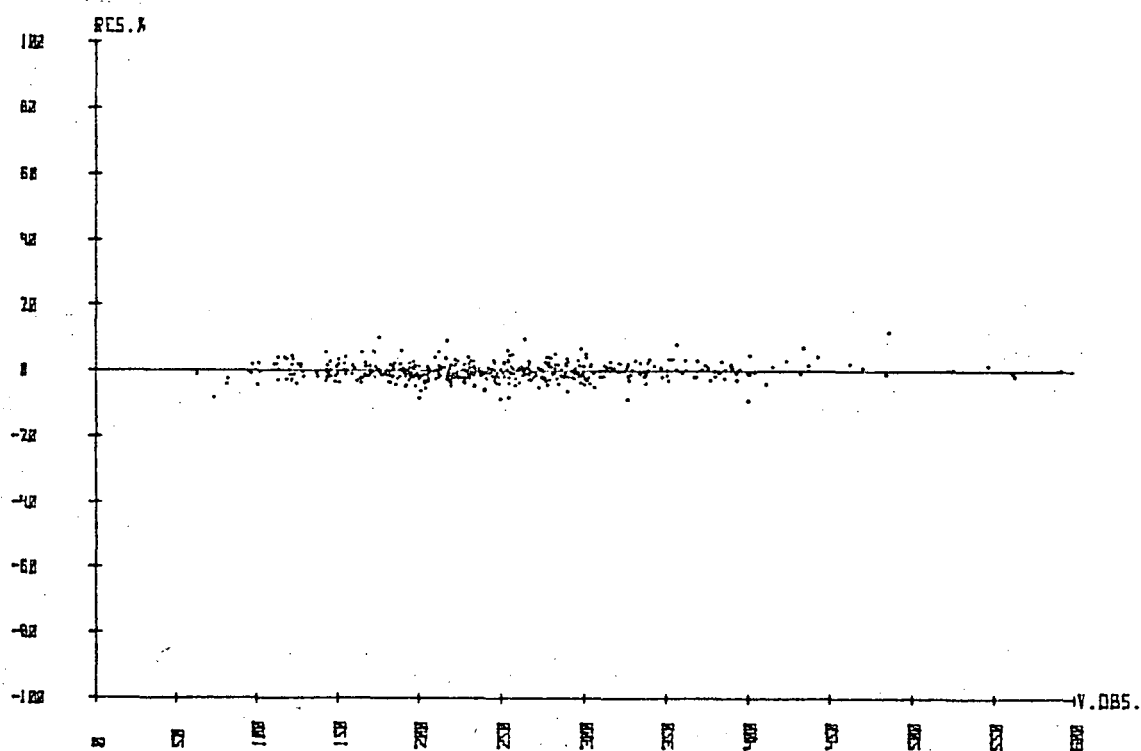


Figura 53 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 15a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

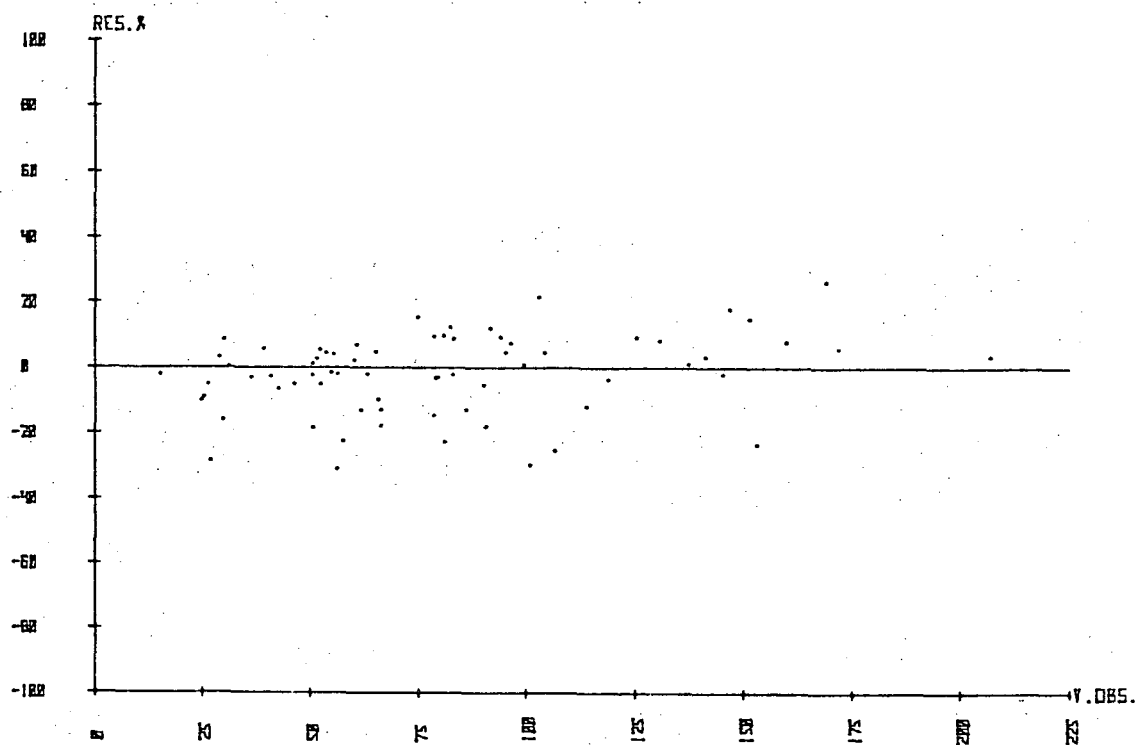


Figura 54 - Distribuição residual de volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 1. - Floresta de Várzea.

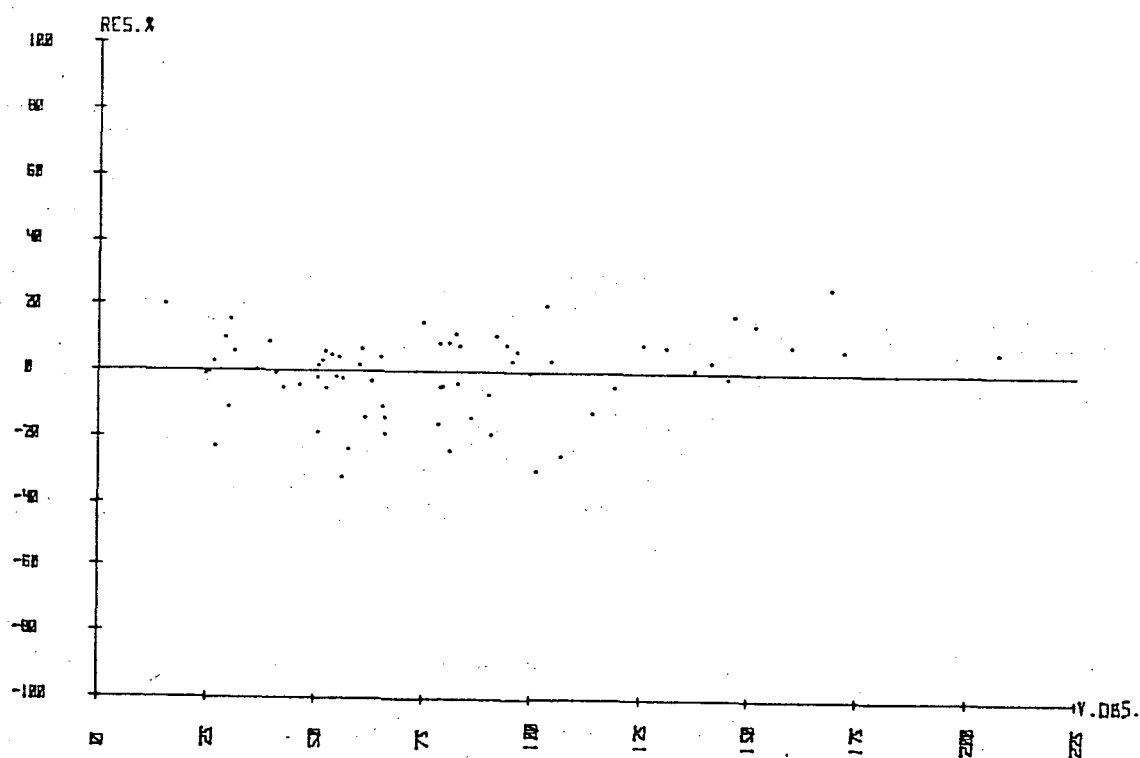


Figura 55 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea.

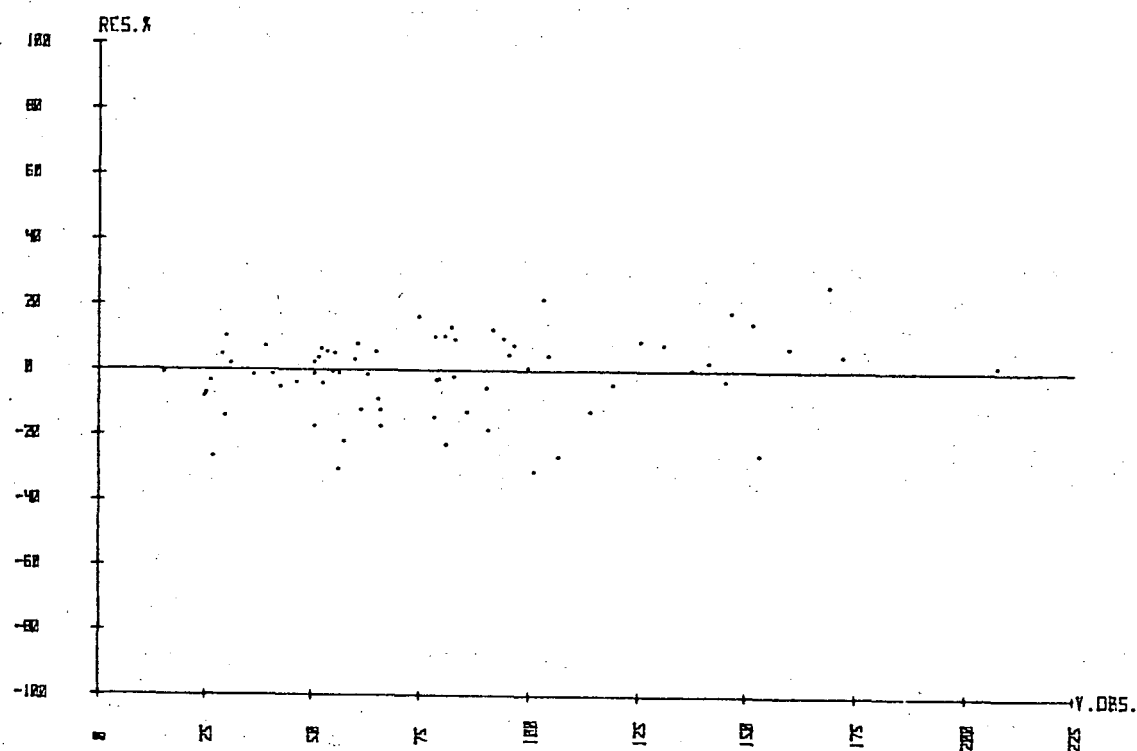


Figura 56 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea.

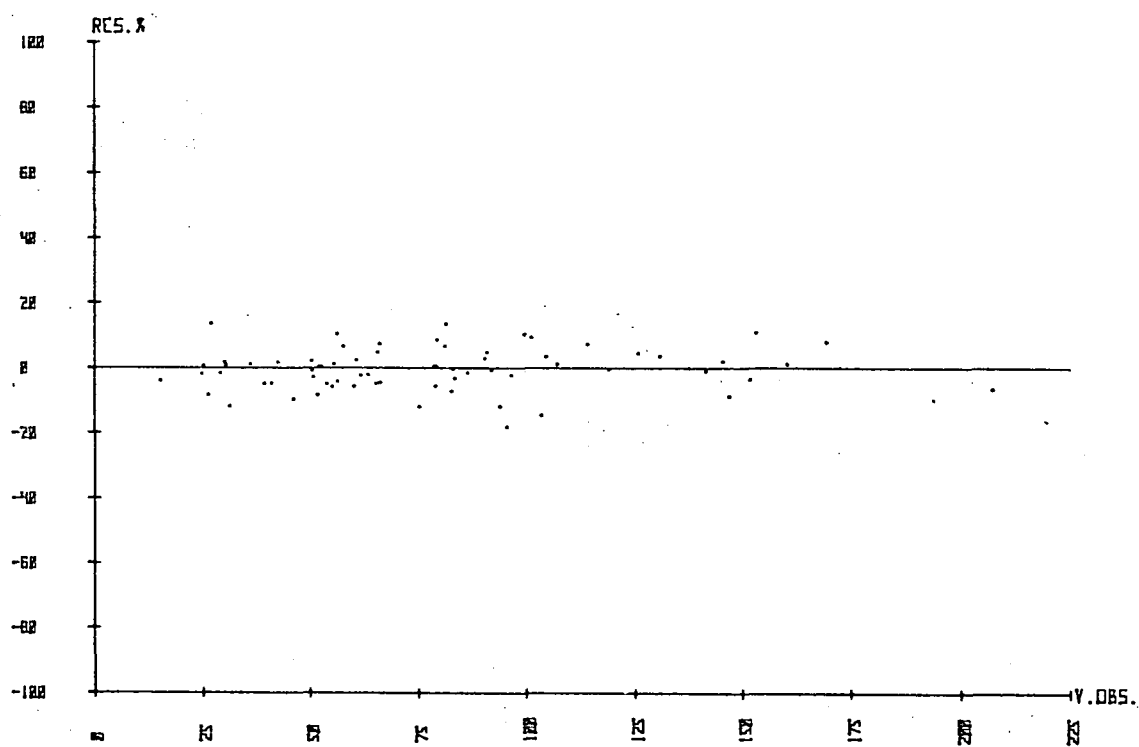


Figura 57 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea.

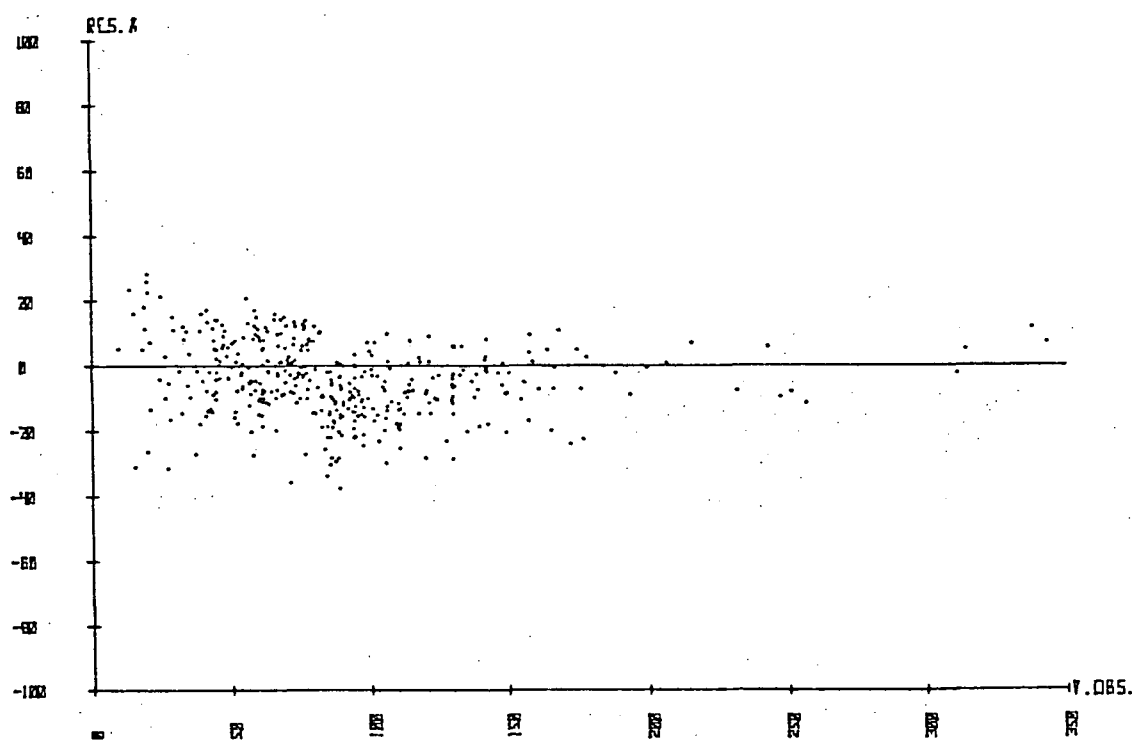


Figura 58 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Terra Firme.



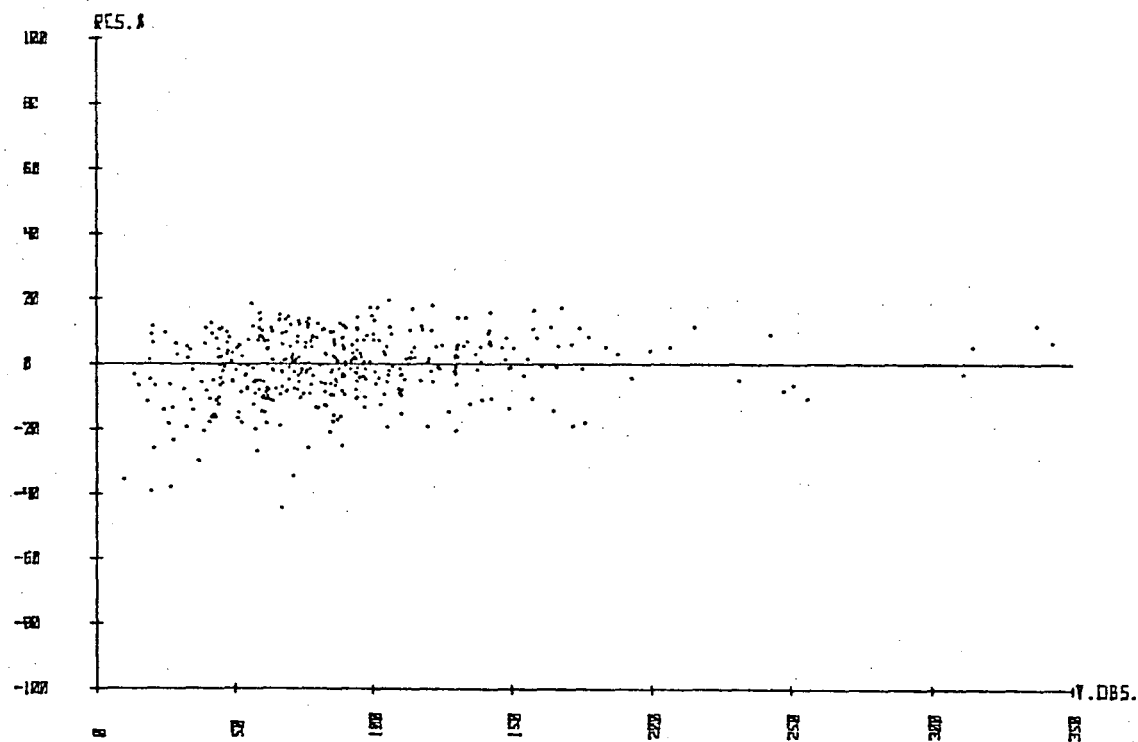


Figura 59 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Terra Firme.

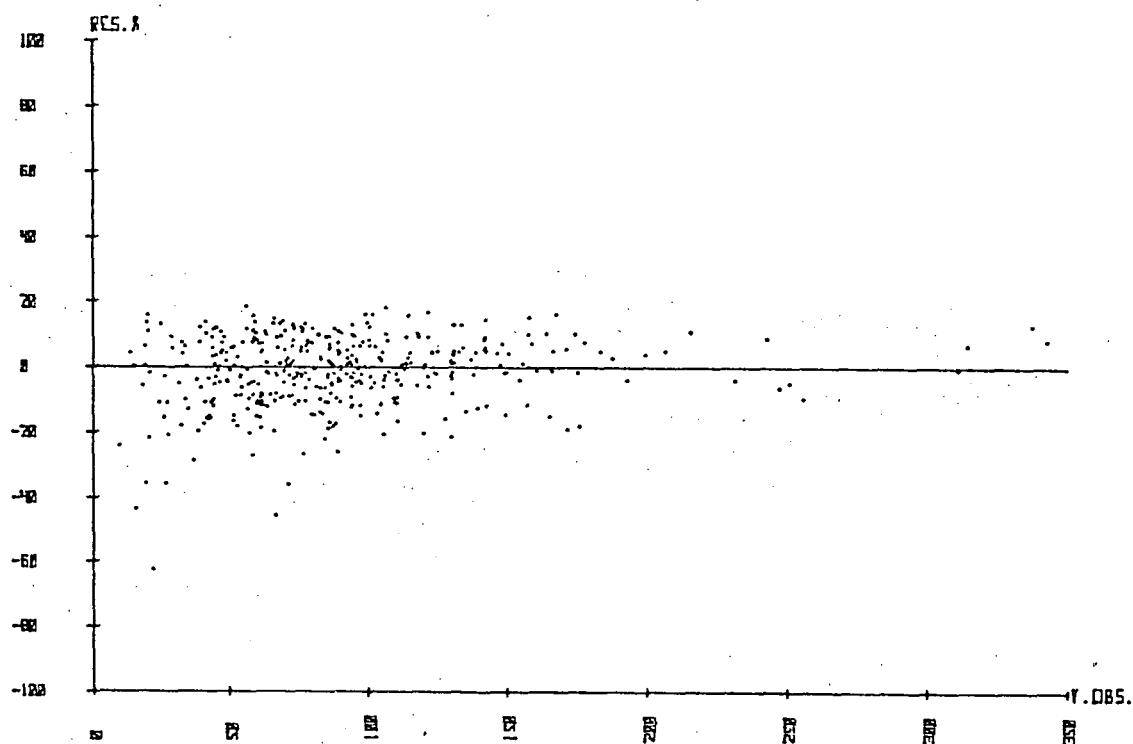


Figura 60 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Terra Firme.

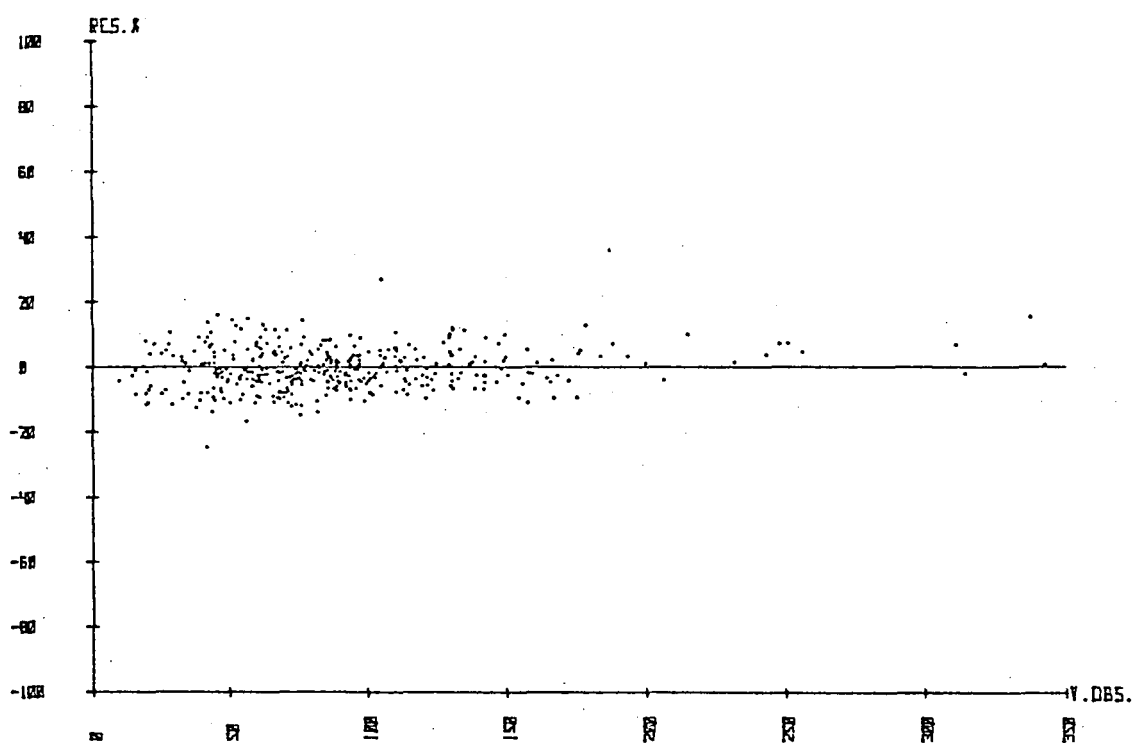


Figura 61 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Terra Firme.

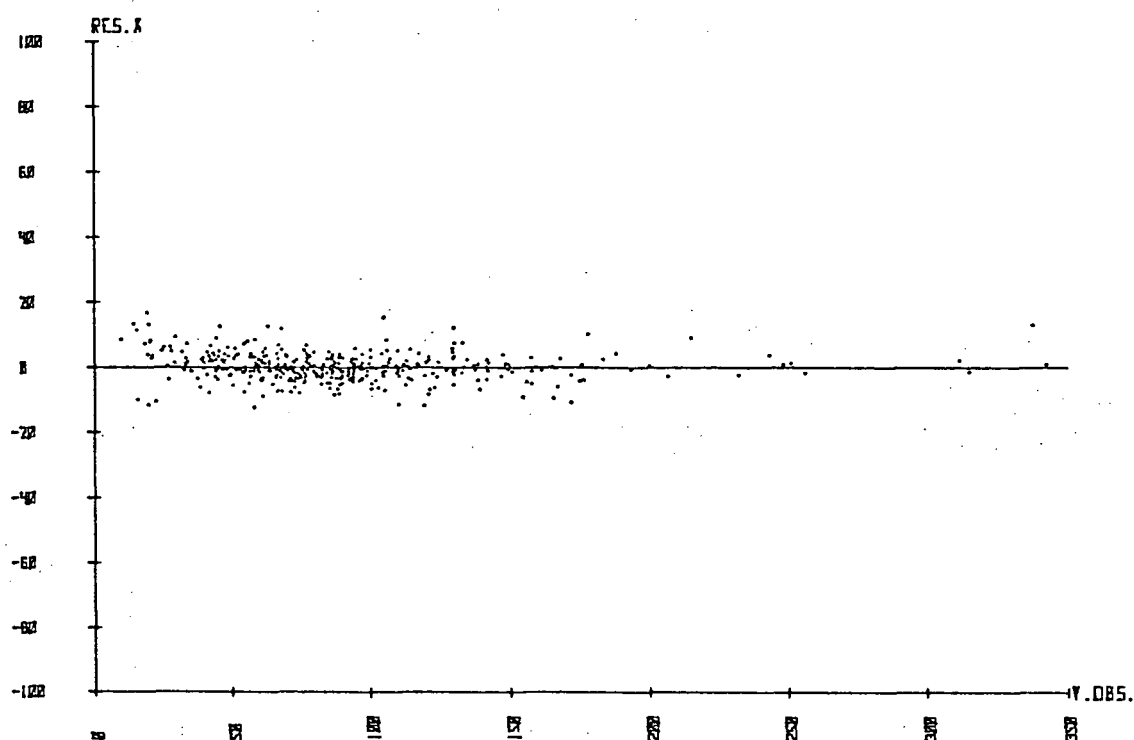


Figura 62 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 24a, obtida pelo processo *Forward* - Floresta de Terra Firme.

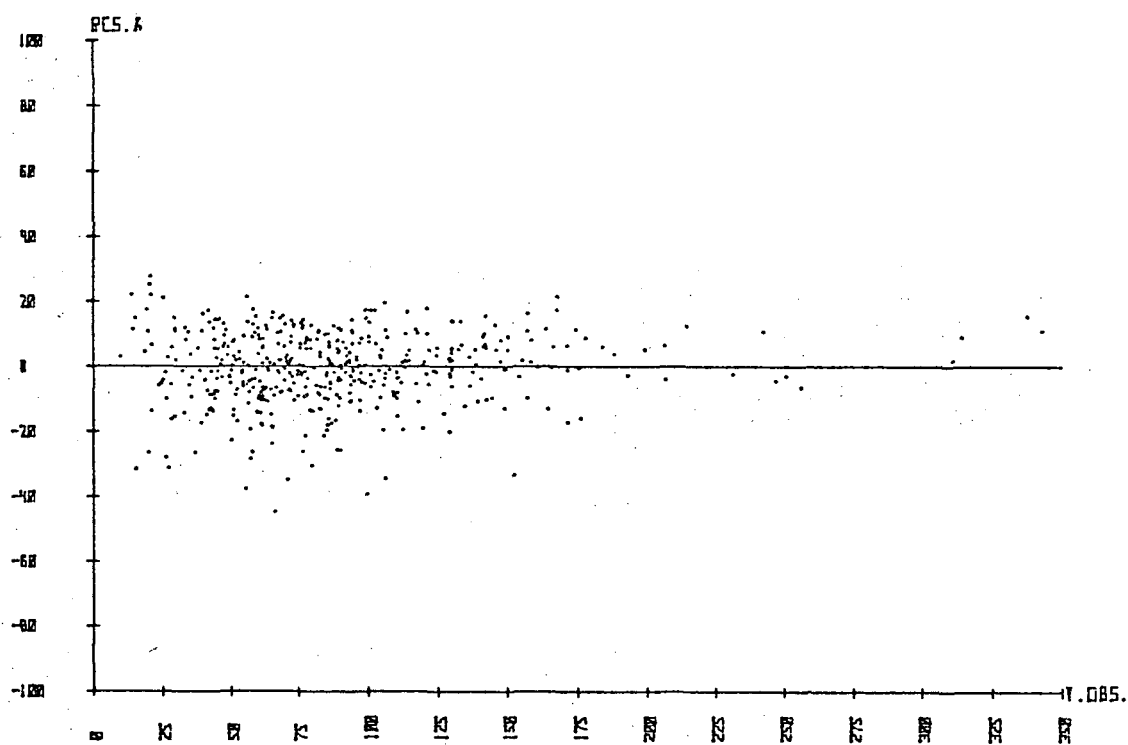


Figura 63 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 1 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

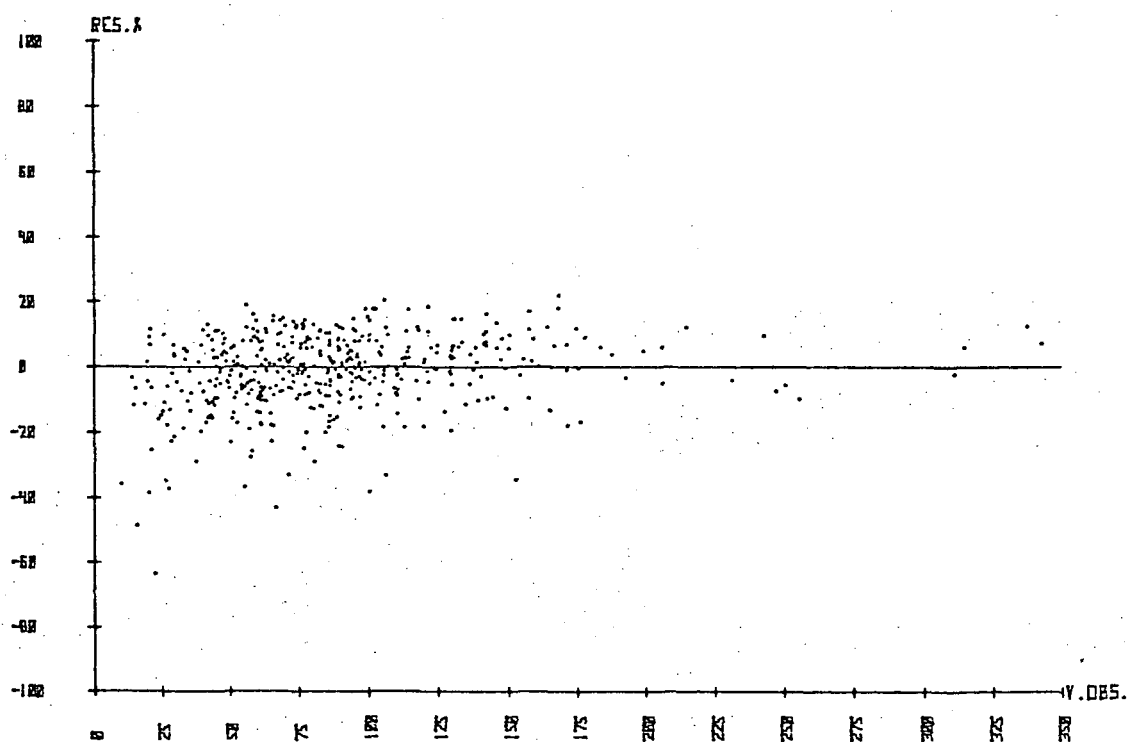


Figura 64 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 11 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

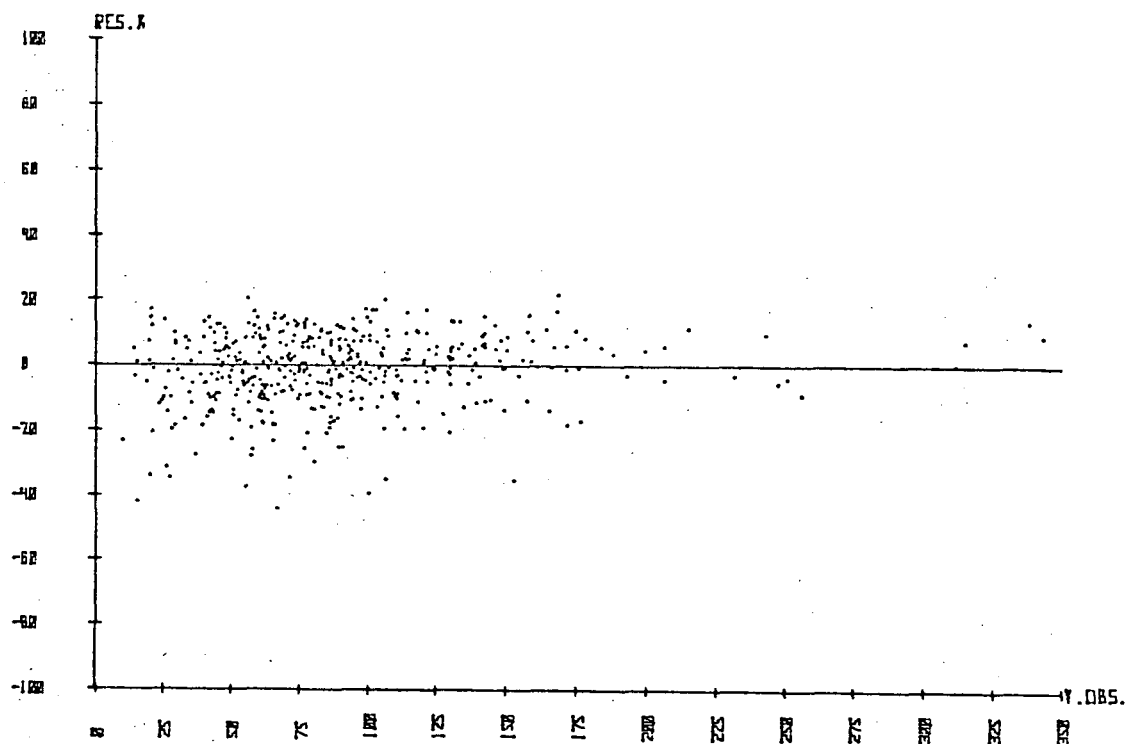


Figura 65 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 12 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

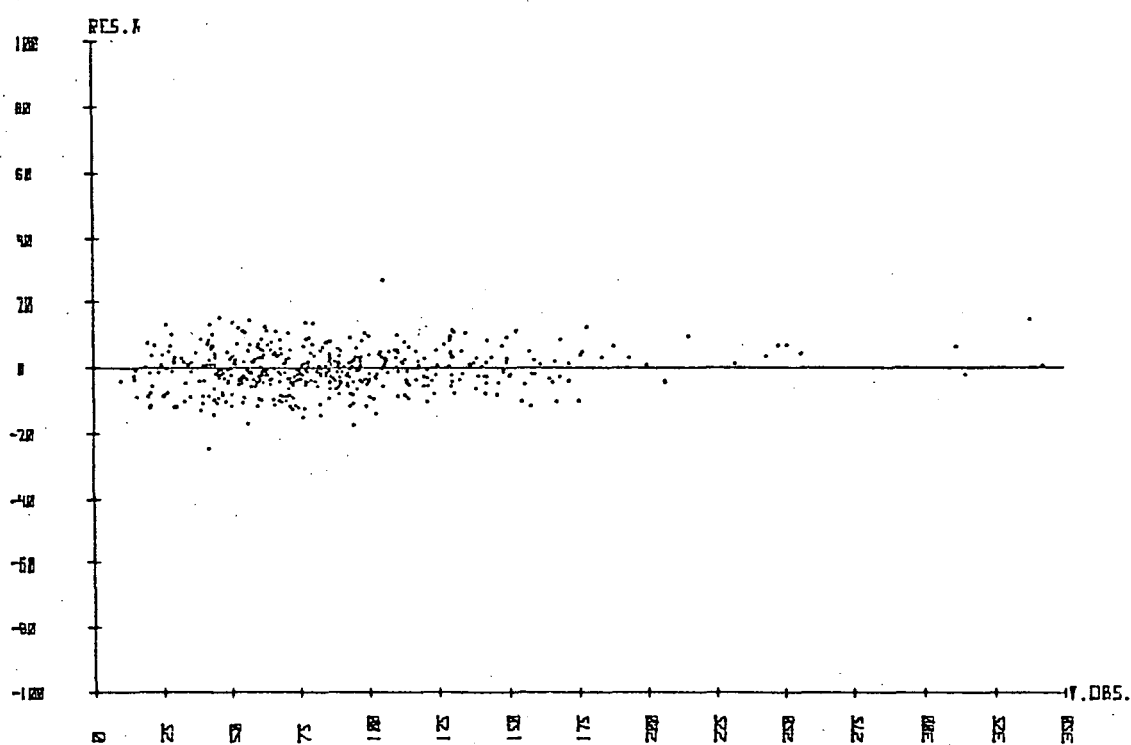


Figura 66 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 17 - Floresta de Várzea e de Terra Firme.

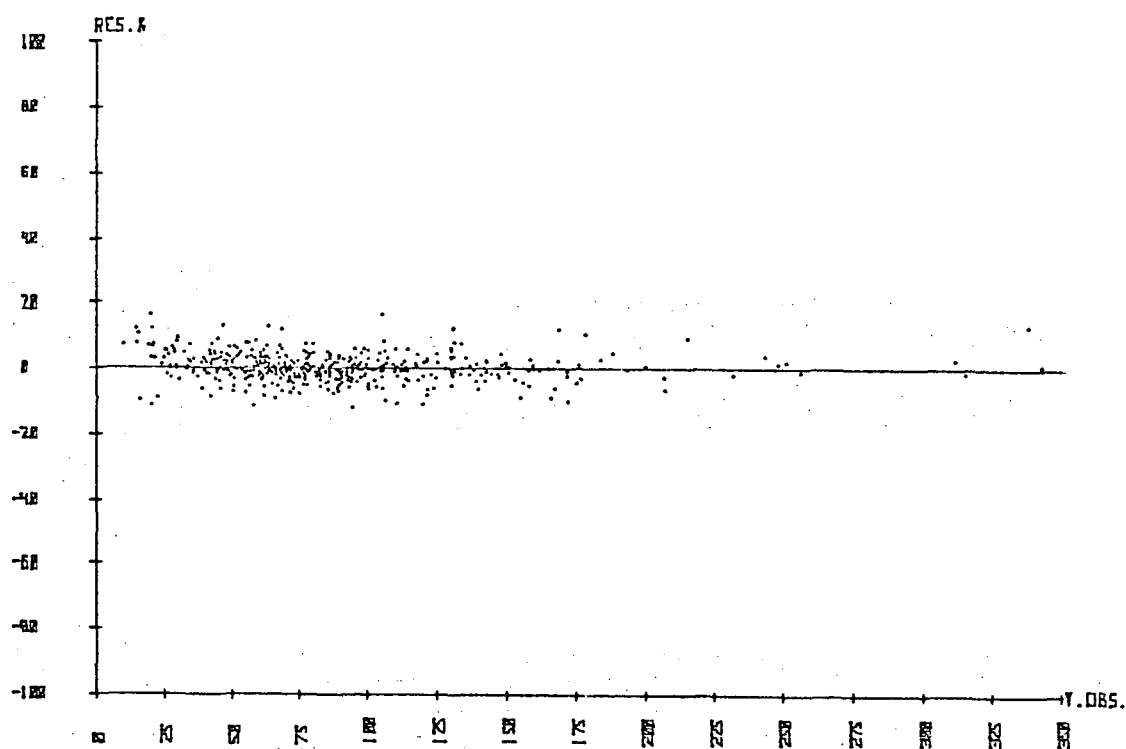


Figura 67 - Distribuição residual do volume comercial com casca ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) em percentagem da equação 29a, obtida pelo processo Forward -- Floresta de Várzea e de Terra Firme.

Quadro 26 - Espécies florestais amostradas na área estudada.

NOME COMUM	NOME CIENTIFICO	FAMÍLIA
Abacatirana	<i>Ocotea opifera</i> Mart.	Lauraceae
Abiurana	<i>Pouteria</i> spp.	Sapotaceae
Abiurana branca	<i>Pouteria guianensis</i> Eyma	Sapotaceae
Abiurana-do-baixio	<i>Eleoloma</i> cf. <i>glabrescens</i> (Mart. et Eichl)	Sapotaceae
Abiurana ferro	Não identificada	-
Abiurana vermelha	<i>Prieulella prieurii</i> C.D.C.	Sapotaceae
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Palmae
Acapu	<i>Vouacapoua pallidior</i> Ducke	Leguminosae
Acapurana	<i>Campsiandra comosa</i> (Benth) Lowan	Leguminosae
Amapá	<i>Brosimum</i> spp.	Moraceae
Amapá branco	<i>Brosimum</i> spp.	Moraceae
Amarelinho	<i>Eurylophora paraensis</i> Hub.	Rutaceae
Anachi	Não identificada	-
Anani	<i>Simphonia globulifera</i> L.F.	Guttiferae
Andirá preto	Não identificada	-
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae
Anesca	<i>Tetragastris trifoliata</i> (Engl.) Mart.	Burseraceae
Angelim	<i>Himenolobium excelsum</i> Ducke	Leguminosae
Angelim branco	Não identificada	-
Angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Leguminosae
Angelim rajado	<i>Pithecolobium racemosum</i> Ducke	Leguminosae
Angelim vermelho	Não identificada	-
Anoerã	<i>Licania macrophylla</i> Benth.	Rosaceae
Apurú	<i>Duroia sprucei</i>	Rubiaceae
Aquariquara	<i>Minquartia macrophylla</i> Ducke	Oleaceae
Arabá	<i>Swartzia</i> sp.	Leguminosae
Araçá	<i>Psidium</i> spp.	Myrtaceae
Araçá branco	Não identificada	-
Araçarana	Não identificada	-
Arapari	<i>Macrolobium acaiaefolium</i> Bth.	Leguminosae
Araparirana	<i>Macrolobium multijugum</i> (C.C.) Bth.	Leguminosae
Arara tucupi	<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.	Leguminosae
Araticum	<i>Anona densicoma</i> Mart.	Annonaceae
Árvores não identificadas	-	-
Assacu	<i>Hura creptans</i> L.	Euphorbiaceae
Bacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Palmae
Bacuri	<i>Platonia insignis</i> Mart.	Guttiferae
Bacuri-de-anta	Não identificada	-
Balata	<i>Manilkara bidentata</i> (D.C.) A. Chev.	Sapotaceae
Balata brava	<i>Mycropholis rosadinha-brava</i> Aub. et Pell.	Sapotaceae
Balata cuquirana	<i>Chrysophyllum balata</i> (Ducke) Baehni	Sapotaceae
Balatarana	Não identificada	-
Balsa	<i>Ochroma lagopus</i> Sw.	Bombacaceae
Bau-bau	Não identificada	-
Biriba	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Annonaceae
Boeira	Não identificada	-
Bolacheiro	Não identificada	-
Breu branco	<i>Protium palidum</i> Cuart	Burseraceae
Breu verdadeiro	<i>Protium heptaphyllum</i> March	Burseraceae
Breu vermelho	<i>Protium apiculatum</i> Swartz	Burseraceae
Bugarim	Não identificada	-
Buriti	<i>Mauritia flexuosa</i> L.	Palmae
Buritirana	<i>Mauritia huebneri</i> Burret	Palmae
Cabeça-de-arara	<i>Aspidosperma macrocarpum</i> Mart.	Apocynaceae
Cabeça-de-jaboti	Não identificada	-
Cabeça-de-macaco	<i>Lobelia macrocarpa</i> Mart.	Sapotaceae
Cabeça-de-urubu	<i>Theobroma speciosum</i> Willd.	Sterculiaceae
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae
Cachipara	<i>Anacardium giganteum</i> Engl.	Anacardiaceae
Cajuí	<i>Anacardium</i> sp.	Anacardiaceae
Canela-de-velho	<i>Rinorea macrocarpa</i> (Mart.) Kuntze	Violaceae
Capitari	<i>Tabebuia barbata</i> (E. Mey) Sandw.	Bigoniaceae
Caraipé	<i>Licania pruinosa</i> R. Ben.	Rosaceae
Carapanaúba	<i>Aspidosperma carapanaúba</i> Pichon.	Apocynaceae
Cariperana	<i>Licania membranacea</i> Sagot ex Lanes	Rosaceae
Castanha-de-curupira	<i>Curupira tefeensis</i> G.A. Black	Oleaceae
Castanha-de-cutia	<i>Coupeia longipendula</i> Pilg.	Oleaceae
Castanha-de-macaco	<i>Couripita guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae
Castanha-de-sapucaia	<i>Lecythis usitata</i> Miers	Lecythidaceae
Castanha-do-pará	<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Lecythidaceae
Cauare	Não identificada	-
Caucho	<i>Castilleja olei</i> Warb.	Moraceae
Cauchorana	<i>Perebea mollis</i> (P.G.E.) Huber ssp. <i>Mollis</i>	Moraceae
Cedro rosa	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae
Cedro vermelho	<i>Cedrela</i> spp.	Meliaceae
Cedrorana	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke	Leguminosae
Chumbinho	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae
Cipó apuí	<i>Clusia insignis</i> Mart.	Guttiferae
Copaíba	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Leguminosae
Copaibarana	<i>Macrolobium microcalyx</i> Ducke	Leguminosae
Copiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Celastraceae
Coração-de-negro	<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	Leguminosae
Crista-de-galo	<i>Amasonia arborea</i> H.B.K.	Verbenaceae
Cumaru (Cerejeira)	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Leguminosae
Cuia-de-macaco	<i>Jugastrum coriaceum</i> (DC.) Miers	Lecythidaceae
Cumarurana	<i>Dipteryx polyphylla</i> (Ducke) Hub.	Leguminosae
Cupu	Não identificada	-

CONTINUA

Quadro 26 - Espécies florestais amostradas na área estudada (continuação).

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
Cupu-açu	<i>Theobroma grandiflorum</i> Spreng.	Sterculiaceae
Cupuranã	<i>Matisia paraensis</i> Hub.	Bombacaceae
Curubê	Não identificada	-
Curuberana	Não identificada	-
Cutieira	Não identificada	-
Dente-de-porco	Não identificada	-
Dente-de-preguiça	Não identificada	-
Embaúba	<i>Cecropia</i> sp.	Moraceae
Envira	<i>Xylopia amazonica</i> Fries	Annonaceae
Envira amarela	<i>Xylopia benthami</i> Fries	Annonaceae
Envira branca	<i>Gatteria amazonica</i> Fries	Annonaceae
Envira ferro	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	Annonaceae
Envira jaboti	Não identificada	-
Envira malaco	Não identificada	-
Envira periquita	Não identificada	-
Envira preta	<i>Gatteria poeppigiana</i> Mart.	Annonaceae
Envira surucucu	<i>Duguetia echinophora</i> Fries	Annonaceae
Envira vassoura	Não identificada	-
Envira vassourinha	Não identificada	-
Envira vermelha	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae
Envira taia	<i>Anona ambotay</i> Aubl.	Annonaceae
Envirola	<i>Gatteria discolor</i> Fries	Annonaceae
Farinha seca	<i>Liconia micrantha</i> Miq.	Chrysobalanaceae
Fava mutum	Não identificada	-
Faveira	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Leguminosae
Feijão bravo	<i>Clitoria amazonum</i> Mart.	Leguminosae
Filho-no-toco	Não identificada	-
Garrote	<i>Brosimum utile</i> (HBK) Pittier	Moraceae
Genipapinho	<i>Duroia genipoides</i> Hook. J.	Rubiaceae
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae
Gito	<i>Guarea carinata</i> Ducke	Meliaceae
Gitorana	<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	Meliaceae
Goiaba-de-anta	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Melastomataceae
Goiaba papagaio	Não identificada	-
Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae
Inajá	<i>Maximiliana regia</i> Mart.	Palmae
Ingá	<i>Inga</i> sp.	Leguminosae
Ingá açu	<i>Inga esplendens</i> Willd.	Leguminosae
Ingá-de-sapo	Não identificada	-
Ingarana	<i>Pithecolobium latifolium</i> (L.) Benth	Leguminosae
Ingá-xixi	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd	Leguminosae
Isqueira	Não identificada	-
Isqueira branca	Não identificada	-
Isqueira preta	Não identificada	-
Itaúba	<i>Mexilaurus itauba</i> (Meiss.) Taub. ex. Mez.	Lauraceae
Itaubarana	<i>Sweetia nitens</i> (Vog.) Benth.	Leguminosae
Jacareúba	<i>Callophyllum brasiliense</i> Camb.	Guttiferae
Jaci	Não identificada	Palmae
Jarana	<i>Holopyxidium jarana</i> Ducke	Lecythidaceae
Jarina	<i>Phytelephas macrocarpa</i> Ruiz & Pav.	Palmae
Jasmim-de-lontra	Não identificada	-
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Leguminosae
João mole	<i>Neca</i> spp.	Nyctaginaceae
Juari	<i>Astrocaryum jauary</i> Mart.	Palmae
Jupati	Não identificada	-
Jutaí	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	Leguminosae
Jutaí pororoca	<i>Dialium guianensis</i> D.C.	Leguminosae
Lacre	<i>Vismia guianensis</i>	Guttiferae
Lacre branco	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	Guttiferae
Lacre vermelho	<i>Vismia macrophylla</i> H.B.K.	Guttiferae
Limorana	<i>Chlophora tinctoria</i> (L.) Gaudich	Moraceae
Louro	<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae
Louro amarelo	<i>Aniba</i> sp.	Lauraceae
Louro aritu	<i>Licaria aritu</i> Ducke	Lauraceae
Louro chumbo	Não identificada	Lauraceae
Louro inamui	<i>Ocotea cymbarum</i> H.B.K.	Lauraceae
Louro jacaré	Não identificada	-
Louro preto	<i>Nectandra mollis</i> Nees.	Lauraceae
Louro rosa	<i>Aniba cf. permollis</i> (Nees.) Mez.	Lauraceae
Louro vermelho	<i>Nectandra rubra</i> (Mez.) C.K. Allen	Lauraceae
Macacaúba	<i>Platymiscium ulei</i> Harms.	Leguminosae
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> Ducke	Sapotaceae
Mucucu branco	<i>Licania oblongifolia</i> Standl.	Rosaceae
Macucurana	<i>Hirtella americana</i> Aubl.	Rosaceae
Macumã	Não identificada	-
Maparajá	Não identificada	-
Maparajuba	<i>Manilkara paraensis</i> (Hub.) Standl	Sapotaceae
Marajá	<i>Bactris pectinellata</i> Barb. Rodr.	Palmae
Mari-mari	<i>Cassia spruceana</i> Benth.	Leguminosae
Marupá	<i>Simaruba amara</i> Aubl.	Simarubaceae
Mata-mata	<i>Eschweilera odorata</i> (Poepp.) Miers.	Lecythidaceae
Mata-matarana	<i>Eschweilera</i> sp.	Lecythidaceae
Mata-mata vermelho	<i>Eschweilera amara</i> (Aubl.) Mez.	Lecythidaceae
Maúba	<i>Clinostenon mahuba</i> A. Samp.	Lauraceae
Molongó	<i>Malouetia cf. grandulifera</i> Miers	Apocynaceae
Muela-de-mutum	Não identificada	-
Muirapiranga	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae
Muiratauzinho	<i>Eurylophora paraensis</i> Hub.	Rutaceae
Muiratinga	<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) Berg.	Moraceae
Muirauá	<i>Mouriria brevipes</i> Hook.	Melastomataceae

CONTINUA

Quadro 26 - Espécies florestais amostradas na área estudada (continuação).

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
Mulateiro	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Leguminosae
Mulungu	Não identificada	-
Munguba	<i>Bombacopsis</i> cf. <i>macrocalyx</i>	Bombacaceae
Mungubarana	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Bombacaceae
Murcegueira	<i>Andira retusa</i> (Lamb.) H.B.K.	Leguminosae
Murici	<i>Byrsonima spicata</i> H.B.K.	Malpighiaceae
Murteira	<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) D.C.	Myristicaceae
Murucututu	Não identificada	-
Murumuru	<i>Astrocaryum mumbaca</i> Mart.	Palmae
Mururé	<i>Brosimopsis obovata</i> Ducke	Moraceae
Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lamb.	Sterculiaceae
Matuti	<i>Pterocarpus amazonicus</i> Hub.	Leguminosae
Mututirana	<i>Pterocarpus roheii</i> Vahl.	Leguminosae
Oso-de-porco	Não identificada	-
Paca-piá	Não identificada	-
Pajuarú	Não identificada	-
Pajurá	<i>Parinari sprucei</i> Hook.	Rosaceae
Pajurana	<i>Licania licaniaeflora</i> (Sajot.) Black	Rosaceae
Paná	<i>Perebea concinna</i> Standley	Moraceae
Paracanaúba	Não identificada	-
Paracutá	Não identificada	-
Paraparã	<i>Jacaranda copaia</i> D. Don.	Bignoniaceae
Parapari	Não identificada	-
Paricá	<i>Schizolobium amazonicum</i> (Hub.) Ducke	Leguminosae
Paricarana	<i>Acacia polyphylla</i> D.C.	Leguminosae
Pataua	<i>Jessenia bataua</i> (Mart.) Burret	Palmae
Pau-d'água	Não identificada	-
Pau-d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i> (D. Don.) Nichols	Bignoniaceae
Pau-de-curupira	Não identificada	-
Pau ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Leguminosae
Pau Gonçalves	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	Anacardiaceae
Pau pombo	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae
Pau rola	Não identificada	-
Pau vermelho	<i>Channochiton kappleri</i> (Sajot.) Ducke	Olacaceae
Paxiuba barriguda	<i>Triartea ventricosa</i> Mart.	Palmae
Paxiubão	Não identificada	Palmae
Paxiubarana	<i>Triartella setigera</i> (Mart.) H. Wendl.	Palmae
Pepino	<i>Ambelania tenuiflora</i> Muell. Arg.	Apocynaceae
Perereca	Não identificada	-
Piquiã	<i>Caryocar nillosum</i> Aubl.	Caryocaraceae
Pequirana	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Piranheira	<i>Piranhea trifoliata</i> Baill.	Euphorbiaceae
Pirum	<i>Iryanthaera macrophylla</i>	-
Preciosa	<i>Aniba canellila</i> (H.B.K.) Mez.	Lauraceae
Punã	<i>Iryanthera tricornis</i> Ducke	Myristicaceae
Pupuzeiro	<i>Guilielma gasipaes</i> (H.B.K.) Bayley	Palmae
Purunã	Não identificada	-
Puxuri	<i>Licaria puchury-major</i> (Mart.) Kosterm.	Lauraceae
Quariva	Não identificada	-
Ripeira	<i>Eschweilera plyantha</i> Smith	Lecythidaceae
Saboarana	<i>Swartzia laevicarpa</i> Aubl.	Leguminosae
Sapiarana	Não identificada	-
Sarnambi-de-macaco	<i>Erythrina glauca</i> Willd.	Leguminosae
Seringa amarela	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae
Seringa barriguda	<i>Hevea spruceana</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Seringa chicote	<i>Hevea benthamiana</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Seringaí	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Euphorbiaceae
Seringarana	<i>Mabea taquari</i> Aubl.	Euphorbiaceae
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Sororoca	<i>Ravenala guianensis</i> (Endl.) Benth	Musaceae
Sorva	<i>Couma</i> spp.	Apocynaceae
Sorva preta	Não identificada	-
Sorvinha	<i>Couma utilis</i> (Mart.) Muell. Arg.	Apocynaceae
Sucupira	<i>Boudichia nitida</i> Soruce ex. Benth	Leguminosae
Sucupira amarela	<i>Vatairea sericea</i> Ducke	Leguminosae
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i> Ducke	Leguminosae
Sucuuba	<i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart.	Moraceae
Tacaca	<i>Sterculia elata</i> Ducke	Sterculiaceae
Tamanqueira	<i>Fagara rhoifolia</i> Engl.	Rutaceae
Tanimbuca	<i>Buchenavia guianensis</i> Eichl.	Combretaceae
Taperebã	<i>Spondias lutea</i> L.	Anacardiaceae
Tarumã	<i>Vitex cymosa</i> Bert. ex Spreng	Verbenaceae
Tauari	<i>Cariniana</i> spp.	Lecythidaceae
Taxi	<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vog.	Leguminosae
Taxi preto	<i>Tachigalia paniculata</i> Aubl.	Leguminosae
Tento	<i>Ormosia nobilis</i> Tull.	Leguminosae
Tento preto	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Leguminosae
Timborana	<i>Enterolobium schomburkii</i>	Leguminosae
Tintarana	Não identificada	-
Tinteira	<i>Miconia surinamensis</i> Gleason	Melastomataceae
Trapiã	Não identificada	-
Tucumã	<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.F.W. Meyer	Palmae
Tururi	<i>Sterculia</i> spp.	Sterculiaceae
Ucuúba	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	Myristicaceae
Ucuúba-da-mata	<i>Virola venosa</i> (Benth) Warb.	Myristicaceae
Ucuúba-da-terra firme	<i>Virola multicaulata</i> Ducke	Myristicaceae
Uichi	<i>Endopleura uchi</i> Hub.	Humiriaceae
Uichirana	<i>Saccoglohis guianensis</i> Benth.	Humiriaceae
Utucurana	<i>Sloanea floribunda</i> Spruce Ex. Benth.	Elaeocarpaceae
Violeta	<i>Peltogyne cattingae</i> (W. Rodr.) M.F. da Silva	Leguminosae



Quadro 27 - Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea.

VARIÁVEIS	VOLUME	log V	G	N	$\bar{d}$	$\bar{d}^2$	$G^2$	GN	$G\bar{H}$	$N\bar{d}$
Volume	1,0000	0,9724	0,9317	0,6571	0,4939	0,4906	0,9271	0,8429	0,9878	0,8039
log V	0,9724	1,0000	0,9309	0,6842	0,4903	0,4859	0,8904	0,8286	0,9571	0,8224
G	0,9317	0,9309	1,0000	0,7595	0,5032	0,4995	0,9845	0,9303	0,8835	0,9073
N	0,6571	0,6842	0,7595	1,0000	- 0,1405	- 0,1428	0,7278	0,9209	0,6164	0,9581
$\bar{d}$	0,4939	0,4903	0,5032	- 0,1405	1,0000	0,9986	0,4959	0,1887	0,4720	0,1403
$\bar{d}^2$	0,4906	0,4859	0,4995	- 0,1428	0,9986	1,0000	0,4931	0,1830	0,4685	0,1365
$G^2$	0,9271	0,8904	0,9845	0,7278	0,4959	0,4931	1,0000	0,9295	0,8783	0,8808
GN	0,8429	0,8286	0,9303	0,9209	0,1887	0,1830	0,9295	1,0000	0,7938	0,9818
$G\bar{H}$	0,9878	0,9571	0,8835	0,6164	0,4720	0,4685	0,8783	0,7938	1,0000	0,7566
$N\bar{d}$	0,8039	0,8224	0,9073	0,9581	0,1403	0,1365	0,8808	0,9818	0,7566	1,0000
$\bar{d}^2\bar{H}$	0,5037	0,4783	0,2850	- 0,2514	0,7522	0,7532	0,2912	0,0145	0,5644	- 0,0387
$G^2\bar{H}$	0,9799	0,9191	0,9355	0,6579	0,4855	0,4832	0,9576	0,8666	0,9657	0,8083
log G	0,9066	0,9468	0,9803	0,7663	0,4907	0,4862	0,9316	0,8959	0,8621	0,9022
log $G^2$	0,9066	0,9468	0,9803	0,7663	0,4907	0,4862	0,9316	0,8959	0,8621	0,9022
log GN	0,8392	0,8852	0,9282	0,9196	0,2146	0,2114	0,8773	0,9467	0,7956	0,9779
log $G^2N$	0,8729	0,9173	0,9574	0,8743	0,3169	0,3132	0,9067	0,9388	0,8286	0,9614
log $G^2\bar{H}$	0,9569	0,9912	0,9571	0,7224	0,4950	0,4904	0,9113	0,8600	0,9374	0,8607
log $G\bar{H}$	0,9632	0,9903	0,8914	0,6469	0,4770	0,4726	0,8504	0,7862	0,9692	0,7812
log $\bar{d}^2\bar{H}$	0,4902	0,4686	0,2703	- 0,2711	0,7484	0,7452	0,2749	- 0,0008	0,5521	- 0,0565
log $N\bar{d}$	0,8001	0,8465	0,8984	0,9441	0,1539	0,1513	0,8488	0,9444	0,7570	0,9859

VARIÁVEIS	$\bar{d}^2\bar{H}$	$G^2\bar{H}$	log G	log $G^2$	log GN	log $G^2N$	log $G^2\bar{H}$	log $G\bar{H}$	log $\bar{d}^2\bar{H}$	log $N\bar{d}$
Volume	0,5037	0,9799	0,9066	0,9066	0,8392	0,8729	0,9569	0,9632	0,4902	0,8001
log V	0,4783	0,9191	0,9468	0,9468	0,8852	0,9173	0,9912	0,9903	0,4686	0,8465
G	0,2850	0,9355	0,9803	0,9803	0,9282	0,9574	0,9571	0,8914	0,2703	0,8984
N	- 0,2514	0,6579	0,7663	0,7663	0,9196	0,8743	0,7224	0,6469	- 0,2711	0,9441
$\bar{d}$	0,7522	0,4855	0,4907	0,4907	0,2146	0,3169	0,4950	0,4770	0,7484	0,1539
$\bar{d}^2$	0,7532	0,4832	0,4862	0,4862	0,2114	0,3132	0,4904	0,4726	0,7452	0,1513
$G^2$	0,2912	0,9576	0,9316	0,9316	0,8773	0,9067	0,9113	0,8504	0,2749	0,8488
GN	0,0145	0,8666	0,8959	0,8959	0,9467	0,9388	0,8600	0,7862	- 0,0008	0,9444
$G\bar{H}$	0,5644	0,9657	0,8621	0,8621	0,7956	0,8286	0,9374	0,9692	0,5521	0,7570
$N\bar{d}$	- 0,0387	0,8083	0,9022	0,9022	0,9779	0,9614	0,8607	0,7812	- 0,0565	0,9859
$\bar{d}^2\bar{H}$	1,0000	0,4509	0,2736	0,2736	0,0426	0,1267	0,4165	0,5382	0,9921	- 0,0155
$G^2\bar{H}$	0,4509	1,0000	0,8808	0,8808	0,8170	0,8492	0,9149	0,9075	0,4350	0,7821
log G	0,2736	0,8808	1,0000	1,0000	0,9524	0,9802	0,9769	0,9105	0,2608	0,9216
log $G^2$	0,2736	0,8808	1,0000	1,0000	0,9524	0,9802	0,9769	0,9105	0,2608	0,9216
log GN	0,0426	0,8170	0,9524	0,9524	1,0000	0,9939	0,9205	0,8478	0,0263	0,9941
log $G^2N$	0,1267	0,8492	0,9802	0,9802	0,9939	1,0000	0,9512	0,8799	0,1115	0,9789
log $G^2\bar{H}$	0,4165	0,9149	0,9769	0,9769	0,9205	0,9512	1,0000	0,9778	0,4060	0,8848
log $G\bar{H}$	0,5382	0,9073	0,9105	0,9105	0,8478	0,8799	0,9778	1,0000	0,5304	0,8089
log $\bar{d}^2\bar{H}$	0,9921	0,4350	0,2608	0,2608	0,0263	0,1115	0,4060	0,5304	1,0000	- 0,0336
log $N\bar{d}$	- 0,0155	0,7821	0,9216	0,9216	0,9941	0,9789	0,8848	0,8089	- 0,0336	1,0000

Quadro 28 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Várzea.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = 7,79436834$ $b_1 = 9,9638622$	0,8680	31,16174	11,86	447,10
2	$V = b_0 + b_1 N$	$b_0 = 65,91625905$ $b_1 = 0,821199730$	0,4317	64,65310	24,61	51,66
3	$V = b_0 + b_1 \bar{d}$	$b_0 = -246,5106546$ $b_1 = 1507,935629$	0,2439	74,57542	28,39	21,94
4	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2$	$b_0 = 13,87657037$ $b_1 = 2167,459692$	0,2407	74,73459	28,45	21,56
5	$V = b_0 + b_1 G^2$	$b_0 = 130,5409287$ $b_1 = 0,184329580$	0,8596	32,13797	12,23	416,29
6	$V = b_0 + b_1 G N$	$b_0 = 128,455009$ $b_1 = 0,020538332$	0,7105	46,14433	17,57	166,91
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 9,02809992$ $b_1 = 0,764660706$	0,9757	13,37390	5,09	2728,55
8	$V = b_0 + b_1 N \bar{d}$	$b_0 = 20,01265745$ $b_1 = 3,00910753$	0,6463	51,00542	19,42	124,27
9	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2 \bar{h}$	$b_0 = 65,35410654$ $b_1 = 131,6971824$	0,2537	74,09363	28,21	23,11
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 127,7886234$ $b_1 = 0,014585658$	0,9602	17,11049	6,51	1640,49
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = 48,6902484$ $b_1 = 6,56855369$ $b_2 = 0,064112051$	0,8712	31,01094	11,81	226,56
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 1,080369724$ $b_1 = 0,949899416$	0,8965	0,04701	10,82	588,98
13	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2$	$\log b_0 = 1,080369721$ $b_1 = 0,474949709$	0,8965	0,04701	10,82	588,98
14	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G N$	$\log b_0 = 0,540994468$ $b_1 = 0,495223684$	0,7836	0,06799	15,66	246,17
15	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 N$	$\log b_0 = 0,68671798$ $b_1 = 0,333138432$	0,8415	0,05818	13,40	361,06
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,439209546$ $b_1 = 0,50411384$	0,9825	0,01936	4,46	3808,08
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = -0,039814622$ $b_1 = 0,975660458$	0,9806	0,02034	4,68	3443,54
18	$\log V = \log b_0 + b_1 \log \bar{d}^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 2,275897899$ $b_1 = 0,727707636$	0,2196	0,12910	34,62	19,13
19	$\log V = \log b_0 + b_1 \log N \bar{d}$	$\log b_0 = 0,613071946$ $b_1 = 0,944451107$	0,7165	0,07781	17,92	171,87

Quadro 29 - Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme.

VARIÁVEIS	VOLUME	LOG V	G	N	$\bar{d}$	$\bar{d}^2$	$G^2$	GN	$G\bar{h}$	$N\bar{d}$
Volume	1,0000	0,9672	0,9689	0,6873	0,5899	0,5849	0,9454	0,9099	0,9891	0,8627
log V	0,9672	1,0000	0,9398	0,7124	0,5838	0,5732	0,8677	0,8721	0,9579	0,8730
G	0,9689	0,9398	1,0000	0,7036	0,6143	0,6106	0,9754	0,9346	0,9383	0,8854
N	0,6873	0,7124	0,7036	1,0000	- 0,0458	- 0,0526	0,6387	0,8824	0,6919	0,9430
$\bar{d}$	0,5899	0,5838	0,6143	- 0,0458	1,0000	0,9981	0,5947	0,3433	0,5554	0,2797
$\bar{d}^2$	0,5849	0,5732	0,6106	- 0,0526	0,9981	1,0000	0,5962	0,3381	0,5498	0,2719
$G^2$	0,9454	0,8677	0,9754	0,6387	0,5947	0,5962	1,0000	0,9161	0,9153	0,8253
GN	0,9099	0,8721	0,9346	0,8824	0,3433	0,3381	0,9161	1,0000	0,8959	0,9692
$G\bar{h}$	0,9891	0,9579	0,9383	0,6919	0,5554	0,5498	0,9153	0,8959	1,0000	0,8556
$N\bar{d}$	0,8627	0,8730	0,8854	0,9430	0,2797	0,2719	0,8253	0,9692	0,8556	1,0000
$\bar{d}^2\bar{h}$	0,7088	0,7090	0,6042	0,1207	0,8095	0,8063	0,5805	0,4147	0,7425	0,3788
$G^2\bar{h}$	0,9686	0,8850	0,9554	0,6439	0,5669	0,5672	0,9814	0,9107	0,9602	0,8223
log G	0,9427	0,9689	0,9737	0,7319	0,6037	0,5944	0,9026	0,9022	0,9134	0,8986
log $G^2$	0,9427	0,9689	0,9737	0,7319	0,6037	0,5944	0,9026	0,9022	0,9134	0,8986
log GN	0,8884	0,9250	0,9150	0,8976	0,3507	0,3414	0,8351	0,9406	0,8716	0,9755
log $G^2N$	0,9192	0,9523	0,9478	0,8443	0,4515	0,4421	0,8703	0,9366	0,8974	0,9571
log $G^2\bar{h}$	0,9642	0,9961	0,9524	0,7307	0,5860	0,5756	0,8804	0,8889	0,9564	0,8914
log $G\bar{h}$	0,9541	0,9897	0,9070	0,7084	0,5543	0,5433	0,8363	0,8520	0,9644	0,8594
log $\bar{d}^2\bar{h}$	0,7009	0,7241	0,5949	0,1404	0,7875	0,7781	0,5580	0,4140	0,7357	0,3890
log $N\bar{d}$	0,8448	0,8879	0,8682	0,9305	0,2830	0,2737	0,7840	0,9269	0,8362	0,9851

VARIÁVEIS	$\bar{d}^2\bar{h}$	$G^2\bar{h}$	log G	log $G^2$	log GN	log $G^2N$	log $G^2\bar{h}$	log $G\bar{h}$	log $\bar{d}^2\bar{h}$	log $N\bar{d}$
Volume	0,7088	0,9686	0,9427	0,9427	0,8884	0,9192	0,9642	0,9541	0,7009	0,8448
log V	0,7090	0,8850	0,9689	0,9689	0,9250	0,9523	0,9961	0,9897	0,7241	0,8879
G	0,6042	0,9554	0,9737	0,9737	0,9150	0,9478	0,9525	0,9070	0,5949	0,8682
N	0,1207	0,6439	0,7319	0,7319	0,8976	0,8443	0,7307	0,7084	0,1404	0,9305
$\bar{d}$	0,8095	0,5669	0,6037	0,6037	0,3507	0,4515	0,5860	0,5543	0,7875	0,2830
$\bar{d}^2$	0,8063	0,5672	0,5944	0,5944	0,3414	0,4421	0,5756	0,5433	0,7781	0,2737
$G^2$	0,5805	0,9814	0,9026	0,9026	0,8351	0,8703	0,8804	0,8363	0,5580	0,7840
GN	0,4147	0,9107	0,9022	0,9022	0,9406	0,9366	0,8889	0,8520	0,4140	0,9269
$G\bar{h}$	0,7425	0,9602	0,9134	0,9134	0,8716	0,8974	0,9564	0,9644	0,7357	0,8362
$N\bar{d}$	0,3788	0,8223	0,8986	0,8986	0,9755	0,9571	0,8914	0,8595	0,3890	0,9851
$\bar{d}^2\bar{h}$	1,0000	0,6527	0,5981	0,5981	0,4233	0,4950	0,6903	0,7468	0,9864	0,3815
$G^2\bar{h}$	0,6527	1,0000	0,8821	0,8821	0,8239	0,8555	0,8908	0,8720	0,6281	0,7782
log G	0,5981	0,8821	1,0000	1,0000	0,9528	0,9816	0,9809	0,9364	0,6041	0,9122
log $G^2$	0,5981	0,8821	1,0000	1,0000	0,9528	0,9816	0,9809	0,9364	0,6041	0,9122
log GN	0,4233	0,8239	0,9528	0,9528	1,0000	0,9932	0,9405	0,9028	0,4369	0,9902
log $G^2N$	0,4950	0,8555	0,9816	0,9816	0,9932	1,0000	0,9665	0,9258	0,5058	0,9716
log $G^2\bar{h}$	0,6903	0,8908	0,9809	0,9809	0,9405	0,9665	1,0000	0,9868	0,7039	0,9055
log $G\bar{h}$	0,7468	0,8720	0,9364	0,9364	0,9028	0,9258	0,9868	1,0000	0,7664	0,8735
log $\bar{d}^2\bar{h}$	0,9864	0,6281	0,6041	0,6041	0,4369	0,5058	0,7038	0,7664	1,0000	0,3972
log $N\bar{d}$	0,3815	0,7782	0,9122	0,9122	0,9902	0,9716	0,9055	0,8735	0,3972	1,0000

Quadro 30 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume Comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha de todas as espécies, exceto as Palmeiras - Floresta de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -21,3472546$ $b_1 = 11,9280785$	0,9389	20,57806	8,27	6203,13
2	$V = b_0 + b_1 N$	$b_0 = -9,92847341$ $b_1 = 1,181824918$	0,4724	60,44685	24,29	361,73
3	$V = b_0 + b_1 \bar{d}$	$b_0 = -383,2840722$ $b_1 = 1913,808137$	0,3480	67,19836	27,00	215,59
4	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2$	$b_0 = -58,512973$ $b_1 = 2800,481984$	0,3421	67,49809	27,12	210,10
5	$V = b_0 + b_1 G^2$	$b_0 = 122,4893114$ $b_1 = 0,226217539$	0,8939	27,11284	10,89	3402,02
6	$V = b_0 + b_1 G N$	$b_0 = 89,1201956$ $b_1 = 0,030781005$	0,8279	34,52584	13,87	1943,11
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 13,68506825$ $b_1 = 0,731213313$	0,9782	12,27489	4,93	18164,90
8	$V = b_0 + b_1 N \bar{d}$	$b_0 = -64,8625214$ $b_1 = 4,340727648$	0,7442	42,09135	16,91	1175,19
9	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2 \bar{h}$	$b_0 = -30,30834358$ $b_1 = 180,4672443$	0,5025	58,69971	23,59	407,99
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 127,692291$ $b_1 = 0,015153333$	0,9383	20,67664	8,31	6140,28
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = -20,2802627$ $b_1 = 11,83546403$ $b_2 = 1,84561E-03$	0,9389	20,60308	8,28	3094,04
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 0,900544069$ $b_1 = 1,101052075$	0,9388	0,03723	8,57	6194,89
13	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2$	$\log b_0 = 0,900544065$ $b_1 = 0,550526038$	0,9388	0,03723	8,57	6194,88
14	$\log V = \log b_0 + b_1 \log GN$	$\log b_0 = 0,025249127$ $b_1 = 0,640082446$	0,8557	0,05716	13,16	2395,78
15	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 N$	$\log b_0 = 0,300041157$ $b_1 = 0,414168739$	0,9068	0,04593	10,58	3931,46
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,378618771$ $b_1 = 0,522224185$	0,9922	0,01327	3,06	51512,48
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = 0,051890514$ $b_1 = 0,935250076$	0,9798	0,02152	4,96	19351,71
18	$\log V = \log b_0 + b_1 \log \bar{d}^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 2,164997673$ $b_1 = 1,148941816$	0,5243	0,10378	26,99	445,19
19	$\log V = \log b_0 + b_1 \log N \bar{d}$	$\log b_0 = 3,70167E-03$ $b_1 = 1,281780029$	0,7883	0,06923	15,94	1504,51

Quadro 31 - Correlação Linear Simples de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se as espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea.

VARIÁVEIS	VOLUME	log V	G	N	$\bar{d}$	$\bar{d}^2$	$G^2$	GN	$G\bar{h}$	$N\bar{d}$
Volume	1,0000	0,9495	0,9564	0,6613	0,4512	0,4554	0,9156	0,7804	0,9896	0,8229
log V	0,9495	1,0000	0,9239	0,6746	0,4385	0,4329	0,8186	0,7302	0,9361	0,8154
G	0,9564	0,9239	1,0000	0,7590	0,4148	0,4227	0,9668	0,8776	0,9275	0,9062
N	0,6613	0,6746	0,7590	1,0000	- 0,2092	- 0,1981	0,7213	0,9339	0,6144	0,9560
$\bar{d}$	0,4512	0,4385	0,4148	- 0,2092	1,0000	0,9947	0,3958	0,0412	0,4677	0,0638
$\bar{d}^2$	0,4554	0,4329	0,4227	- 0,1981	0,9947	1,0000	0,4142	0,0492	0,4741	0,0730
$G^2$	0,9156	0,8186	0,9668	0,7213	0,3958	0,4142	1,0000	0,8884	0,8900	0,8740
GN	0,7804	0,7302	0,8776	0,9339	0,0412	0,0492	0,8884	1,0000	0,7338	0,9703
$G\bar{h}$	0,9896	0,9361	0,9275	0,6144	0,4677	0,4741	0,8900	0,7338	1,0000	0,7824
$N\bar{d}$	0,8229	0,8154	0,9062	0,9560	0,0638	0,0730	0,8740	0,9703	0,7824	1,0000
$\bar{d}^2\bar{h}$	0,5389	0,4986	0,3957	- 0,1913	0,8847	0,8857	0,3847	0,0230	0,5973	0,0633
$G^2\bar{h}$	0,9552	0,8399	0,9390	0,6276	0,4545	0,4751	0,9675	0,7951	0,9539	0,8013
log G	0,9183	0,9759	0,9528	0,7341	0,4155	0,4141	0,8505	0,7863	0,8906	0,8663
log $G^2$	0,9183	0,9759	0,9528	0,7341	0,4155	0,4141	0,8505	0,7863	0,8906	0,8663
log GN	0,8581	0,9195	0,9118	0,8809	0,1477	0,1524	0,8150	0,8573	0,8244	0,9428
log $G^2N$	0,8884	0,9491	0,9358	0,8372	0,2453	0,2478	0,8361	0,8403	0,8566	0,9250
log $G^2\bar{h}$	0,9418	0,9960	0,9371	0,6941	0,4376	0,4339	0,8332	0,7498	0,9294	0,8341
log $G\bar{h}$	0,9432	0,9930	0,9021	0,6417	0,4487	0,4429	0,7988	0,6995	0,9452	0,7859
log $\bar{d}^2\bar{h}$	0,4871	0,4775	0,3364	- 0,2363	0,8692	0,8501	0,3018	- 0,0269	0,5438	0,0088
log $N\bar{d}$	0,8352	0,8939	0,8940	0,9005	0,1152	0,1219	0,8047	0,8655	0,8019	0,9549
VARIÁVEIS	$\bar{d}^2\bar{h}$	$G^2\bar{h}$	log G	log $G^2$	log GN	log $G^2N$	log $G^2\bar{h}$	log $G\bar{h}$	log $\bar{d}^2\bar{h}$	log $N\bar{d}$
Volume	0,5389	0,9552	0,9183	0,9183	0,8581	0,8884	0,9418	0,9432	0,4871	0,8352
log V	0,4986	0,8399	0,9759	0,9759	0,9195	0,9491	0,9960	0,9930	0,4775	0,8939
G	0,3957	0,9390	0,9528	0,9528	0,9118	0,9358	0,9371	0,9021	0,3364	0,8940
N	- 0,1913	0,6276	0,7341	0,7341	0,8809	0,8372	0,6941	0,6417	- 0,2363	0,9005
$\bar{d}$	0,8847	0,4545	0,4155	0,4155	0,1477	0,2453	0,4376	0,4487	0,8692	0,1152
$\bar{d}^2$	0,8857	0,4751	0,4141	0,4141	0,1524	0,2478	0,4339	0,4429	0,8501	0,1219
$G^2$	0,3847	0,9675	0,8505	0,8505	0,8150	0,8361	0,8332	0,7988	0,3018	0,8047
GN	0,0230	0,7951	0,7863	0,7863	0,8573	0,8406	0,7498	0,6995	- 0,0269	0,8655
$G\bar{h}$	0,5973	0,9539	0,8906	0,8906	0,8244	0,8566	0,9294	0,9452	0,5438	0,8019
$N\bar{d}$	0,0633	0,8013	0,8663	0,8663	0,9428	0,9250	0,8341	0,7859	0,0088	0,9549
$\bar{d}^2\bar{h}$	1,0000	0,5276	0,3914	0,3914	0,1575	0,2429	0,4760	0,5445	0,9713	0,1281
$G^2\bar{h}$	0,5276	1,0000	0,8293	0,8293	0,7728	0,8009	0,8427	0,8369	0,4400	0,7588
log G	0,3914	0,8293	1,0000	1,0000	0,9561	0,9816	0,9879	0,9551	0,3577	0,9333
log $G^2$	0,3914	0,8293	1,0000	1,0000	0,9561	0,9816	0,9879	0,9551	0,3577	0,9333
log GN	0,1575	0,7728	0,9561	0,9561	1,0000	0,9945	0,9342	0,8934	0,1145	0,9948
log $G^2N$	0,2429	0,8009	0,9816	0,9816	0,9945	1,0000	0,9629	0,9246	0,2029	0,9829
log $G^2\bar{h}$	0,4760	0,8427	0,9879	0,9879	0,9342	0,9629	1,0000	0,9895	0,4514	0,9093
log $G\bar{h}$	0,5445	0,8369	0,9551	0,9551	0,8934	0,9246	0,9895	1,0000	0,5289	0,8671
log $\bar{d}^2\bar{h}$	0,9713	0,4400	0,3577	0,3577	0,1145	0,2029	0,4514	0,5289	1,0000	0,0800
log $N\bar{d}$	0,1281	0,7588	0,9333	0,9333	0,9948	0,9829	0,9093	0,8671	0,0800	1,0000

Quadro 32 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Várzea

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -0,762186763$ $b_1 = 10,60367309$	0,9147	12,30250	15,23	728,95
2	$V = b_0 + b_1 N$	$b_0 = 25,55051483$ $b_1 = 0,855717890$	0,4373	31,59198	39,10	52,86
3	$V = b_0 + b_1 \bar{d}$	$b_0 = -58,70221786$ $b_1 = 386,0192168$	0,2036	37,58607	46,51	17,38
4	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2$	$b_0 = 13,2225641$ $b_1 = 508,2768745$	0,2074	37,49584	46,40	17,79
5	$V = b_0 + b_1 G^2$	$b_0 = 41,5628883$ $b_1 = 0,536169517$	0,8383	16,93748	20,96	352,46
6	$V = b_0 + b_1 G N$	$b_0 = 46,87596348$ $b_1 = 0,057715328$	0,6090	26,33534	32,59	105,92
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 2,802147159$ $b_1 = 0,745152055$	0,9793	6,05947	7,50	3217,11
8	$V = b_0 + b_1 N \bar{d}$	$b_0 = 7,896342597$ $b_1 = 3,168514142$	0,6771	23,93199	29,62	142,60
9	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2 \bar{h}$	$b_0 = 16,32328204$ $b_1 = 35,53522276$	0,2904	35,47918	43,91	27,82
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 40,79710202$ $b_1 = 0,040141597$	0,9123	12,47022	15,43	707,66
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = -6,2870867$ $b_1 = 12,0993232$ $b_2 = -0,081707651$	0,9159	12,30141	15,22	365,05
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 0,990583406$ $b_1 = 1,029752742$	0,9523	0,05255	12,10	1357,13
13	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2$	$\log b_0 = 0,990583406$ $b_1 = 0,514876371$	0,9523	0,05255	12,10	1357,13
14	$\log V = \log b_0 + b_1 \log GN$	$\log b_0 = 0,463078198$ $b_1 = 0,533700671$	0,8455	0,09454	21,77	372,26
15	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 N$	$\log b_0 = 0,617441752$ $b_1 = 0,359020728$	0,9008	0,07577	17,45	617,55
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,417401727$ $b_1 = 0,512605249$	0,9919	0,02162	4,98	8351,73
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = -0,063116835$ $b_1 = 0,975942099$	0,9860	0,02848	6,56	4784,83
18	$\log V = \log b_0 + b_1 \log \bar{d}^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 1,666809537$ $b_1 = 0,771155090$	0,2280	0,21137	62,70	20,08
19	$\log V = \log b_0 + b_1 \log N \bar{d}$	$\log b_0 = 0,472126564$ $b_1 = 1,045042004$	0,7990	0,10784	28,19	270,38

Quadro 33 - Correlação Linear Simples de todas as Variáveis envolvidas na pesquisa, englobando-se as espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme.

VARIÁVEIS	VOLUME	log V	G	N	$\bar{d}$	$\bar{d}^2$	$G^2$	GN	$G\bar{h}$	$N\bar{d}$
Volume	1,0000	0,9144	0,9801	0,5276	0,6188	0,6211	0,9380	0,8624	0,9913	0,7908
log V	0,9144	1,0000	0,9088	0,5998	0,6003	0,5832	0,7545	0,7879	0,9126	0,8298
G	0,9801	0,9088	1,0000	0,5616	0,6138	0,6152	0,9453	0,8853	0,9645	0,8223
N	0,5276	0,5998	0,5616	1,0000	- 0,1967	- 0,2030	0,4328	0,8185	0,5289	0,9175
$\bar{d}$	0,6188	0,6003	0,6138	- 0,1967	1,0000	0,9930	0,5610	0,2470	0,6113	0,1852
$\bar{d}^2$	0,6211	0,5832	0,6152	- 0,2030	0,9930	1,0000	0,5803	0,2378	0,6112	0,1708
$G^2$	0,9380	0,7545	0,9453	0,4328	0,5610	0,5803	1,0000	0,8334	0,9183	0,6871
GN	0,8624	0,7879	0,8853	0,8185	0,2470	0,2378	0,8334	1,0000	0,8549	0,9432
$G\bar{h}$	0,9913	0,9126	0,9645	0,5289	0,6113	0,6112	0,9183	0,8549	1,0000	0,7904
$N\bar{d}$	0,7908	0,8298	0,8223	0,9175	0,1852	0,1708	0,6871	0,9432	0,7904	1,0000
$\bar{d}^2\bar{h}$	0,6425	0,6142	0,5808	- 0,1638	0,9286	0,9326	0,5453	0,2418	0,6645	0,1868
$G^2\bar{h}$	0,9446	0,7526	0,9285	0,4212	0,5538	0,5719	0,9894	0,8240	0,9365	0,6745
log G	0,8991	0,9808	0,9270	0,6302	0,5890	0,5730	0,7683	0,8109	0,8892	0,8560
log $G^2$	0,8991	0,9808	0,9270	0,6302	0,5890	0,5730	0,7683	0,8109	0,8892	0,8560
log GN	0,8005	0,9095	0,8348	0,8469	0,2793	0,2658	0,6649	0,8576	0,7955	0,9522
log $G^2N$	0,8508	0,9509	0,8832	0,7762	0,4031	0,3884	0,7150	0,8527	0,8438	0,9296
log $G^2\bar{h}$	0,9099	0,9962	0,9162	0,6157	0,5976	0,5801	0,7587	0,7987	0,9115	0,8450
log $G\bar{h}$	0,9037	0,9926	0,8900	0,5915	0,5949	0,5764	0,7365	0,7735	0,9158	0,8199
log $\bar{d}^2\bar{h}$	0,6259	0,6472	0,5633	- 0,1326	0,9056	0,8837	0,4947	0,2562	0,6533	0,2178
log $N\bar{d}$	0,7482	0,8704	0,7825	0,8833	0,2083	0,1930	0,6060	0,8431	0,7483	0,9605

VARIÁVEIS	$\bar{d}^2\bar{h}$	$G^2\bar{h}$	log G	log $G^2$	log GN	log $G^2N$	log $G^2\bar{h}$	log $G\bar{h}$	log $\bar{d}^2\bar{h}$	log $N\bar{d}$
Volume	0,6425	0,9446	0,8991	0,8991	0,8005	0,8508	0,9099	0,9037	0,6259	0,7482
log V	0,6142	0,7526	0,9808	0,8908	0,9095	0,9509	0,9962	0,9926	0,6472	0,8704
G	0,5808	0,9285	0,9270	0,9270	0,8348	0,8832	0,9162	0,8900	0,5633	0,7825
N	- 0,1638	0,4214	0,6302	0,6302	0,8469	0,7762	0,6157	0,5915	- 0,1326	0,8833
$\bar{d}$	0,9286	0,5538	0,5890	0,5890	0,2793	0,4031	0,5976	0,5949	0,9056	0,2083
$\bar{d}^2$	0,9326	0,5719	0,5730	0,5730	0,2658	0,3884	0,5801	0,5764	0,8837	0,1930
$G^2$	0,5453	0,9894	0,7683	0,7683	0,6649	0,7150	0,7587	0,7365	0,4947	0,6060
GN	0,2418	0,8240	0,8109	0,8109	0,8576	0,8527	0,7987	0,7735	0,2562	0,8431
$G\bar{h}$	0,6645	0,8365	0,8892	0,8892	0,7955	0,8438	0,9115	0,9158	0,6533	0,7485
$N\bar{d}$	0,1868	0,6745	0,8560	0,8560	0,9522	0,9296	0,8450	0,8199	0,2178	0,8605
$\bar{d}^2\bar{h}$	1,0000	0,5755	0,5459	0,5459	0,2670	0,3787	0,5999	0,6387	0,9647	0,2068
$G^2\bar{h}$	0,5755	1,0000	0,7498	0,7498	0,6476	0,6970	0,7532	0,7431	0,5251	0,5915
log G	0,5459	0,7498	1,0000	1,0000	0,9366	0,9754	0,9899	0,9631	0,5659	0,8974
log $G^2$	0,5459	0,7498	1,0000	1,0000	0,9366	0,9754	0,9899	0,9631	0,5659	0,8974
log GN	0,2670	0,6476	0,9366	0,9366	1,0000	0,9908	0,9232	0,8945	0,2954	0,9923
log $G^2N$	0,3787	0,6970	0,9754	0,9754	0,9908	1,0000	0,9630	0,9347	0,4043	0,9709
log $G^2\bar{h}$	0,5999	0,7532	0,9899	0,9899	0,9232	0,9630	1,0000	0,9915	0,6310	0,8862
log $G\bar{h}$	0,6387	0,7431	0,9631	0,9631	0,8945	0,9347	0,9915	1,0000	0,6794	0,8602
log $\bar{d}^2\bar{h}$	0,9647	0,5251	0,5659	0,5659	0,2954	0,4043	0,6310	0,6794	1,0000	0,2410
log $N\bar{d}$	0,2068	0,5915	0,8974	0,8974	0,9923	0,9709	0,8862	0,8602	0,2410	1,0000

Quadro 34 - Coeficientes e estatísticas relevantes dos 19 modelos testados para estimar o volume comercial com casca em m<sup>3</sup>/ha das espécies economicamente importantes - Floresta de Terra Firme.

Nº	EQUAÇÃO	COEFICIENTE	R <sup>2</sup>	Syx	SyxZ	F
1	$V = b_0 + b_1 G$	$b_0 = -4,887767136$ $b_1 = 11,80382472$	0,9605	9,53660	10,55	9824,72
2	$V = b_0 + b_1 N$	$b_0 = 20,98496342$ $b_1 = 1,133699833$	0,2783	40,76447	45,09	155,81
3	$V = b_0 + b_1 \bar{d}$	$b_0 = -102,2034092$ $b_1 = 520,5922113$	0,3829	37,69447	41,69	250,72
4	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2$	$b_0 = -1,134619174$ $b_1 = 653,2883694$	0,3858	37,60811	41,60	253,73
5	$V = b_0 + b_1 G^2$	$b_0 = 51,57714578$ $b_1 = 0,479575867$	0,8799	16,62908	18,39	2960,12
6	$V = b_0 + b_1 G N$	$b_0 = 36,5863436$ $b_1 = 0,098917018$	0,7438	24,28836	26,86	1172,93
7	$V = b_0 + b_1 G \bar{h}$	$b_0 = 1,375828003$ $b_1 = 0,750400617$	0,9827	6,31501	6,98	22923,05
8	$V = b_0 + b_1 N \bar{d}$	$b_0 = -15,10562973$ $b_1 = 4,708637657$	0,6254	29,37025	32,48	674,43
9	$V = b_0 + b_1 \bar{d}^2 \bar{h}$	$b_0 = 8,531308668$ $b_1 = 39,81696939$	0,4128	36,76957	40,67	284,07
10	$V = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	$b_0 = 52,99869591$ $b_1 = 0,031169230$	0,8923	15,74572	17,42	3348,18
11	$V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$	$b_0 = 0,60979059$ $b_1 = 10,56490302$ $b_2 = 0,055632958$	0,9618	9,39493	10,39	5068,26
12	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G$	$\log b_0 = 1,002358154$ $b_1 = 1,046843970$	0,9619	0,04479	10,31	10210,89
13	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2$	$\log b_0 = 1,002358154$ $b_1 = 0,523421985$	0,9619	0,04479	10,31	10210,89
14	$\log V = \log b_0 + b_1 \log GN$	$\log b_0 = 0,34297929$ $b_1 = 0,59548958$	0,8272	0,09543	21,97	1933,90
15	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 N$	$\log b_0 = 0,539664489$ $b_1 = 0,391787020$	0,9042	0,07104	16,36	3815,03
16	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 0,425931321$ $b_1 = 0,513002898$	0,9924	0,02003	4,61	52669,60
17	$\log V = \log b_0 + b_1 \log G \bar{h}$	$\log b_0 = -0,055930904$ $b_1 = 0,970226460$	0,9853	0,02780	6,40	27145,95
18	$\log V = \log b_0 + b_1 \log \bar{d}^2 \bar{h}$	$\log b_0 = 1,62738362$ $b_1 = 0,954609117$	0,4189	0,17500	49,62	291,26
19	$\log V = \log b_0 + b_1 \log N \bar{d}$	$\log b_0 = 0,339930729$ $b_1 = 1,181321132$	0,7576	0,11303	29,73	1262,44